



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE AFLATOXINAS EN HARINAS
DE MAÍZ COMO UNA HERRAMIENTA DE AYUDA PARA EL MONITOREO DE PARTE
DEL DEPARTAMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ALIMENTOS DEL
MSPAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

Inga. Silvia Andrea Morales Paniagua
Asesorada por la M.A. Gladys Arreola Camargo

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE AFLATOXINAS EN HARINAS
DE MAÍZ COMO UNA HERRAMIENTA DE AYUDA PARA EL MONITOREO DE PARTE
DEL DEPARTAMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ALIMENTOS DEL
MSPAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. SILVIA ANDREA MORALES PANIAGUA
ASESORADA POR LA M.A. GLADYS ARREOLA CAMARGO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN ALIMENTOS

GUATEMALA, MAYO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	M.A. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADORA	Dra. Aura Marina Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE AFLATOXINAS EN HARINAS
DE MAÍZ COMO UNA HERRAMIENTA DE AYUDA PARA EL MONITOREO DE PARTE
DEL DEPARTAMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ALIMENTOS DEL
MSPAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

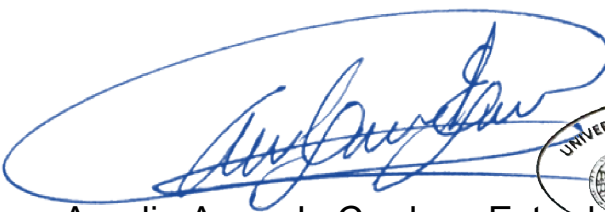
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de enero de 2022.




Inga. Silvia Andrea Morales Paniagua

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE AFLATOXINAS EN HARINAS DE MAÍZ COMO UNA HERRAMIENTA DE AYUDA PARA EL MONITOREO DE PARTE DEL DEPARTAMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ALIMENTOS DEL MSPAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, presentado por: **Inga. Silvia Andrea Morales Paniagua**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, mayo de 2023
AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2023

LNG.EEP.OI.489.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE AFLATOXINAS EN HARINAS DE MAÍZ COMO UNA HERRAMIENTA DE AYUDA PARA EL MONITOREO DE PARTE DEL DEPARTAMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ALIMENTOS DEL MSPAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA”

presentado por **Inga. Silvia Andrea Morales Paniagua** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala 24 de mayo 2022

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el Informe Final y el Artículo Científico del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE AFLATOXINAS EN HARINAS DE MAÍZ COMO UNA HERRAMIENTA DE AYUDA PARA EL MONITOREO DE PARTE DEL DEPARTAMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ALIMENTOS DEL MSPAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, de la estudiante **Silvia Andrea Morales Paniagua** quien se identifica con número de carné **201990334** del programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,




MSc. Hilda Piedad Palma de Martini
Coordinadora

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala 28 de abril de 2022

M.A Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"ESTUDIO PARA LA DETERMINACION DE LOS NIVELES DE AFLATOXINAS EN HARINAS DE MAIZ COMO UNA HERRAMIENTA DE AYUDA PARA EL MONITOREO DE PARTE DEL DEPARTAMENTO DE REGULACION Y CONTROL DE ALIMENTOS DEL MSPAS EN LA CUIDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA"** de la estudiante Silvia Andrea Morales Paniagua del programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, identificada con numero de carné: 201990334

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,



M.A. Gladys Amanda Arreola Camargo
Ingeniera Química Industrial
Colegiada 1112

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente, aumentando mis conocimientos y por proveerme los recursos para poder lograr una meta más.

Mis padres

Fernando Morales y Silvia Paniagua. Por apoyarme siempre en todas las áreas de mi vida. Papi se que estarías orgulloso de mí, al ver que terminé una meta propuesta. Gracias por todo el apoyo que me diste. Este triunfo es de ustedes.

Mi esposo

Wilson Alvarado, por ser siempre mi apoyo y motivarme a seguir adelante. Te amo.

Mis hijos

Sophie y Andrés Alvarado, gracias por su amor, su comprensión y paciencia. Que este triunfo en mi carrera profesional sea para ustedes un ejemplo de que todo lo que se propongan lo podrán cumplir.

Familia

Mis hermanas: Ericka, Mónica y Claudia Morales. Mis sobrinos: Luis y Jimena Mendez, Isabella Brolo, Adrián Mansilla, Emily Shaw, e Ian Javier Mansilla, gracias todo el amor y el apoyo incondicional.

Amigos

A mis amigos del DRCA y compañeros de PAG,
por animarme a seguir y terminar este reto.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudio y permitirme formarme académicamente.

**Escuela de Estudios de
Postgrado**

Por brindarme nuevos conocimientos para poder desarrollarme como un mejor profesional. En especial a mi coordinadora de Maestría Inga. Hilda Palma.

Mi asesor de tesis

M.A. Gladys Arreola, por apoyarme en este proceso y asesorarme en el área técnica.

**Mis catedráticos de
PAG I y II**

Ing. Roberto Hernández y Dra. Aura Marina Rodríguez, por sus enseñanzas, paciencia y orientación en este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.1.1 Análisis de resultados de investigaciones previas.....	1
1.1.1.1 Análisis a nivel internacional.....	2
1.1.1.2 Análisis a nivel nacional	7
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Maíz	11
2.2 Estructura del grano de maíz	13
2.3 Harina de maíz.....	14
2.3.1 Obtención de harina de maíz	16
2.4 Nixtamalización del maíz.....	17
2.5 Manejo de materias primas	19
2.5.1 Área de bodega	19
2.5.2 Camiones de transporte.....	19
2.6 Inocuidad	21

2.7	Tipos de hongos que infestan los granos.....	21
2.8	Definición de micotoxinas	22
2.9	Definición de aflatoxinas	23
2.9.1	Mecanismos de acción de las aflatoxinas.....	25
2.10	Medidas de control de micotoxinas.....	26
2.11	Detención y medición del contenido de micotoxinas	26
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	29
3.1	Objetivo 1: identificar cuáles son los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala	29
3.2	Objetivo 2: comparar los niveles de aflatoxinas en harina de maíz nixtamalizadas con harina de maíz no nixtamalizadas	31
3.3	Objetivo 3: determinar los niveles seguros de la presencia de aflatoxinas en las harinas de maíz, de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 034-190	33
3.4	Objetivo 4: proponer recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y asistencias Social para la implementación de la herramienta para el monitoreo	34
3.5	Objetivo general: estudiar la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala	35
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	37

CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS	45
APÉNDICES.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Grano de maíz	14
2.	Estructura de aflatoxina.....	24
3.	Comparación de niveles de aflatoxinas en harina de maíz nixtamalizado con harina de maíz no nixtamalizado.....	32

TABLAS

I.	Valores k y niveles de confianza	XXIII
II.	Operacionalización de variables	XXV
III.	Resultados de análisis de aflatoxinas por marca.....	30
IV.	Tabla de cumplimiento de niveles seguros de la presencia aflatoxinas en las muestras analizadas.....	34

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\mu\text{g/kg}$	Unidad de masa del Sistema Internacional de Unidades que equivale a la milmillonésima parte de un kilogramo (10^{-9} kg) o a la millonésima parte de un gramo (10^{-6} g)

GLOSARIO

Alimento procesado	El alimento que ha sido sometido a un proceso tecnológico adecuado para su conservación.
CODEX	Código de Alimentación (Comisión del Codex Alimentarius)
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
Contaminantes	Los tipos de contaminantes son sustancias que no se han añadido intencionadamente a los alimentos. Los procesos de producción de alimentos pueden provocar la entrada de sustancias en los alimentos en cualquier momento: durante su fabricación, manipulación, almacenamiento, elaboración o distribución.
DRBC	Dicloran rosa bengala cloranf
DRCA	Departamento de Regulación y Control de Alimentos
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficacia
IAC	Columnas de inmnoafinidad
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización

MCG/KG	Microgramo por Kilogramo
Materia prima	Es toda sustancia o mezcla de sustancias que para ser utilizada como alimento procesado, requiere sufrir alguna transformación de naturaleza química, física o biológica.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
NM	Nanómetro
Normas de referencia	Norma o conjunto de reglas por las que se regula o se rige determinada materia o actividad.
PPB	Partes por Billón
PPM	Partes por Millón
Toxinas	Un amplio grupo de sustancias químicas que son metabolitos secundarios producidos por diversas especies de hongos; son capaces de inducir una gran variedad de efectos tóxicos en humanos y animales cuando ingieren alimentos contaminados.
UFC	Unidades Formadoras de Colonia

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue analizar y cuantificar la presencia de aflatoxinas en diferentes marcas de harinas de maíz, que se encontraron en diferentes puntos de venta.

El objetivo general consistió en estudiar la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, dado que el estudio pretendió cuantificar los niveles de aflatoxinas en las harinas de maíz. Este estudio fue de tipo mixto con un diseño de investigación no experimental; buscó identificar los niveles de aflatoxinas presentes en las harinas de maíz y su alcance es descriptivo.

Se obtuvieron los resultados de la investigación, la cual se determinó que el 100 % de las muestras analizadas, cumplen con la norma COGUANOR NGO 34-190. Por lo cual, se propusieron 5 recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos, esto con el fin que puedan implementar herramientas que les permita vigilar dicho producto, y así velar por que la población de Guatemala consuma productos inocuos.

En conclusión, las 16 marcas recolectadas de harinas de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas cumplen con la norma COGUANOR mencionada anteriormente.

Por lo cual se realizaron las propuestas al DRCA, para continuar con el análisis de aflatoxinas en las harinas de maíz, como una medida de prevención contra la contaminación en los productos. Se sugiere continuar identificando los niveles de aflatoxinas en las harinas de maíz y en otros alimentos que pueden ser susceptibles al crecimiento de aflatoxinas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

Se cree que el maíz es el cereal más importante a nivel mundial; se puede utilizar para consumo humano y pecuario. También se “utiliza como materia prima en las industrias de alimentos, así como también para las industrias textil y farmacéutica” (Torres, 2013, p. 65).

Efectivamente, los cultivos del maíz pueden contaminarse con aflatoxinas, cuando existen malas condiciones de almacenamiento, esto favorece al crecimiento de mohos cuando están expuestos al calor y humedad, pueden elevar los niveles de aflatoxinas al límite máximo.

Las aflatoxinas presentes no están distribuidas uniformemente en la materia prima a granel en los lotes de cereales almacenados; para obtener un resultado representativo es imprescindible que el muestro sea adecuado.

La falta de análisis de aflatoxinas en harinas de maíz como producto terminado y la falta de monitoreo y vigilancia a productos con riesgos de contaminantes como la aflatoxina. Por esto, es importante para la salud pública, el contar con controles para poder prevenir cualquier tipo de enfermedad causada por las aflatoxinas.

- Descripción del problema

La falta de evidencia de la cuantificación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala.

La inexistencia del monitoreo y vigilancia a la harina de maíz, en relación con el análisis de aflatoxinas y al obtener resultados, tomar decisiones con el fin de evitar enfermedades agudas o crónicas causadas por la aflatoxina, esto es a la vez como medida de prevención y no curativa. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social es encargado de la salud pública de Guatemala.

El primer problema específico identificado es que, se desconocen cuáles son los niveles de aflatoxina en los productos como harina de maíz y no se cuenta con un plan específico para monitorear dicho producto posterior al registro sanitario.

En Guatemala el maíz es un pilar estratégico para la seguridad alimentaria y nutricional. En el Departamento de Regulación y Control de Alimentos se realizan inspecciones en plantas de procesamiento de maíz para verificar el cumplimiento de inocuidad, basado en el Reglamento Técnico Centroamericano de Buenas Prácticas de Manufactura. Dentro de esta inspección no se realiza toma de muestra para el análisis de aflatoxinas de los productos que procesan, únicamente se solicitan los resultados sobre los análisis de laboratorio que la planta procesadora realiza al grano de maíz.

En Guatemala también hay un ingreso de harinas de maíz que son importadas, en este caso no se realiza inspección en la planta en el país de fabricación, por lo que podría haber un alto riesgo de presentar niveles superiores de lo permitido de aflatoxinas en la harina de maíz.

Por lo anterior, es importante que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social lleve un control de dichos análisis de aflatoxinas como producto terminado de la harina de maíz, para garantizar un menor riesgo al consumidor para prevenir enfermedades derivado del consumo de la harina de maíz. (DRCA, 2019)

En el año 2015 se publicó un Acuerdo Gubernativo para la Fortificación de Harina de Maíz Nixtamalizado, en el 2017 se emitió una reforma a este acuerdo. El objetivo de este acuerdo gubernativo es fortificar la harina de maíz para prever diferentes tipos de anemia. A su vez este Acuerdo Gubernativo indica el nivel máximo permitido de aflatoxinas presentes en la harina de maíz nixtamalizado.

Por otro lado, la mayoría de los fabricantes nacionales si llevan el proceso de nixtamalización para la producción de harina de maíz, por lo que se debe cumplir, con lo acordado en el Acuerdo Gubernativo de Fortificación de Harina de Maíz, pero también presentan producción de sémola o polenta para diferentes tipos de preparaciones.

La nixtamalización es un proceso alcalino de cocción del maíz, para convertirlo en masa y luego se pueden realizar diferentes preparaciones, entre ellas puede ser la harina de maíz o bien masa para tortillas.

Se visualiza que se encuentra un vacío en la información específicamente sobre la cantidad de aflatoxinas; por lo que el presente estudio de investigación

puede aportar información importante al Departamento de Regulación y Control de Alimentos, por lo que se pueden tomar decisiones de cómo implementar controles fundamentales en la harina de maíz, con el fin de velar por la salud de la población guatemalteca.

Formulación del problema

- Pregunta central

¿Qué se debe de realizar para estudiar la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son los niveles de aflatoxinas en las harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala?
- ¿Cuál es el resultado de la comparación de niveles de aflatoxinas en harinas de maíz nixtamalizadas con las harinas de maíz no nixtamalizadas?
- ¿Los resultados de aflatoxinas en la harina de maíz cumplen con los niveles seguros de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 34-190?
- ¿Cuáles son las propuestas de recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para la implementación del

monitoreo?

- Delimitación del problema

El trabajo de investigación fue delimitado a seleccionar muestras de harinas de maíz de diferentes marcas, en distintos puntos de venta de la ciudad de Guatemala, Guatemala, de noviembre 2021 a febrero 2022.

OBJETIVOS

General

Estudiar la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala.

Específicos

1. Identificar cuáles son los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala.
2. Comparar los niveles de aflatoxinas en harina de maíz nixtamalizadas con harina de maíz no nixtamalizadas.
3. Determinar los niveles seguros de la presencia de aflatoxinas en las harinas de maíz, de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 034-190.
4. Proponer recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y asistencias Social para la implementación de la herramienta para el monitoreo.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

Características del estudio

- Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo, dado que el estudio pretendió cuantificar los niveles de aflatoxinas en las harinas de maíz, además comparar los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas. Para alcanzar los objetivos de la investigación, los datos cuantitativos fueron analizados y presentados mediante gráficas y tablas de resultados.

- Tipo de estudio

El tipo de estudio es mixto, debido a que permite recolectar más información recopilada por los enfoques de manera separada. El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. Este estudio presentó datos cuantitativos y cualitativos; se obtendrán datos sobre el análisis de laboratorio de las diferentes harinas de maíz. Este estudio es transversal, porque en palabras de Muñoz (2013) “se utiliza cuando la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo” (p. 19).

- Diseño de la investigación

Para llevar a cabo la investigación se utilizó el diseño de investigación cuasi-experimental, debido a que este tipo de investigación permite comparar los dos grupos de investigación que parten de iguales condiciones, como lo es la harina de maíz nixtamalizada y la harina de maíz no nixtamalizada. Este tipo de diseño de investigación no permite la asignación aleatoria. En esta investigación se realizó la recolección de datos, por medio de análisis de laboratorio.

- Alcance de la investigación

El alcance del trabajo de investigación fue de tipo descriptivo. Porque buscó identificar los niveles de aflatoxinas presentes en la harina de maíz. Por lo que, se recolectó información mediante análisis de laboratorio de las harinas de maíz seleccionadas. El alcance de este enfoque no permitió la comprobación de hipótesis, solamente la predicción de resultados. Con este tipo de investigación fue posible caracterizar globalmente el objetivo en estudio.

Para estimar el tamaño de la muestra, debido a que no se tenía el detalle de cuántas marcas de harina de maíz nixtamalizada y no nixtamalizada, en los puntos de venta, se consideró la fórmula para calcular el tamaño de la muestra.

Se tomó un error de 5 % y una confianza de 90 % y un porcentaje de marcas que se encuentren disponibles con larga fecha de vencimiento en un 98 %, lo que indica que un 2 % se encuentre vencido.

Fórmula de muestreo:

$$n = \frac{K^2 pqN}{e^2 (N - 1) + k^2 pq}$$

Donde:

n: tamaño muestra a determinar

p: variabilidad positiva = (0.98)

q: variabilidad negativa = (0.02)

N: tamaño de la población = (10)

e: es el error muestral que se considera = (0.05)

k: constante de nivel de confianza que indica la probabilidad que los resultados del estudio sean ciertos o no. Los valores de k que más se utilizan y sus respectivos niveles de confianza son los descritos en la siguiente tabla.

Tabla I. **Valores k y niveles de confianza**

Nivel de confianza	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %	97.5 %	99 %
Valores de k	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.24	2.58

Fuente: Hernández (s.f.) *Valores k y niveles de confianza*.

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.98)(0.02)(10)}{(0.05^2)(10 - 1) + \{(1.96^2) (0.98)(0.2)\}} = \frac{0.7529}{0.0977} = 7.6992 = 8$$

De acuerdo con la fórmula, la muestra fue: 8

La muestra que se tomó estuvo conformada por 16 muestras; 8 marcas de harina de maíz nixtamalizada y 8 marcas de harina no nixtamalizada.

Unidades de análisis

- Variables

Las variables de estudio en esta investigación serán: con el fin de obtener resultados para el análisis de la investigación. Las definiciones pueden observarse en la tabla I.

- Operacionalización de variables

En la tabla II se describen las variables e indicadores que se utilizaron durante el desarrollo de la investigación de acuerdo con los objetivos planteados.

Tabla II. Operacionalización de variables

Problema	Variable	Definición	Dimensión	Indicador
¿Cuáles son los niveles en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala.	Análisis de aflatoxinas	El análisis de aflatoxinas con kit de flujo lateral listos para usar, permiten una determinación rápida en una amplia variedad de muestras (2)	Análisis	Análisis de las muestras recolectadas. Se permiten niveles inferiores a 20 ppm/kg de aflatoxina de peso de harina cruda.
¿Cuál es el resultado de la comparación de niveles de aflatoxinas en harinas de maíz nixtamalizadas con harinas de maíz no nixtamalizadas?	Comparación de niveles en aflatoxinas de harina de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas	Verificar los niveles resultantes de los análisis en base a las recomendaciones de las Normas "COGUANOR 34 190" y "Codex Norma General para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos"	Niveles de aflatoxinas	Determinar los niveles permitidos de aflatoxinas presente en las harinas de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas. Comparación de parámetro permitido de aflatoxinas: 20 ppm/kg de peso.
¿Los resultados de aflatoxinas en la harina de maíz cumplen con los niveles seguros de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 34-190?	Análisis de los niveles seguros de aflatoxinas en harina de maíz.	Valores máximos permitidos de aflatoxina no más de 20 mcg/kg, según "Norma COGUANOR 34 190" y "Codex Norma General para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos".	Niveles seguros	De acuerdo con la norma son menos de 20 ppm/kg
¿Cuáles son las propuestas de recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y	Elaboración de las recomendaciones	Una recomendación es un consejo o sugerencia por el cual se otorga a otro una idea de lo que debe hacer en determinada situación	Recomendaciones para implementar	Con base en las conclusiones de la investigación, se harán las 6 recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos.

Continuación de tabla II.

Asistencia Social, para la implementación del monitoreo?				
----------------------------------------------------------	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia.

- Técnicas de análisis de Información

Para analizar la información recopilada durante el trabajo de investigación se utilizaron técnicas de estadística descriptiva comparativa, se compararon los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio y se utilizó la normativa COGUANOR como referencia.

- Fases de la investigación

El proceso para cumplir con los objetivos del diseño de investigación se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Fase 1 documental: esta fase responde a la revisión documental para realizar la investigación de antecedentes, marco teórico para poder tener más información del tema y por lo tanto, tener un soporte técnico al trabajo de investigación.
- Fase 2 recolección de muestras: en esta fase se seleccionaron 16 marcas de harina de maíz que se encuentren en diferentes puntos de venta de la ciudad de Guatemala; no existe una gran variedad de marcas, se seleccionaron las que se encontraron en el punto de venta. Se acompañó con una hoja de recolección de muestras y se tomó nota por cada punto de venta. El investigador fue el responsable de tomar nota en la hoja de recolección de muestras.

- Fase 3 traslado de muestras: luego se procedió a llevar las muestras al Laboratorio, en donde los profesionales en analizarlas realizaron el análisis de cada muestra recolectada.
- Fase 4 entrega de los resultados: en esta fase el laboratorio emitió el dictamen de cada muestra analizada. Con los resultados obtenidos se identificaron los niveles de aflatoxinas presentes en las muestras de harinas de maíz.
- Fase 5 comparación de resultados: se realizó una comparación de los resultados de los niveles que presentaron de aflatoxinas entre la harina de maíz nixtamalizada con la harina de maíz no nixtamalizada.
- Fase 6 determinar los niveles de aflatoxinas: con los resultados obtenidos se realizó un análisis de las muestras y se determinaron de acuerdo con los resultados que, los niveles de aflatoxinas presentes en la harina de maíz son seguros de acuerdo con la Norma COGUANOR NGO 34 190.
- Fase 7 recomendaciones: se realizaron propuestas las recomendaciones necesarias para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, por medio de un informe con los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de investigación busca sistematizar el monitoreo y vigilancia de las harinas de maíz para determinar los niveles de aflatoxinas; e identificar si presentan niveles superiores a los permitidos según las diferentes normas, tales como GOGUANOR NGO 34-190. Esto debido a que la población puede sufrir las consecuencias, como por ejemplo el cáncer hepático y el retraso en el crecimiento en los niños.

La línea de investigación con la que se relacionó este trabajo es con el diseño de sistemas de inocuidad de la Maestría en Ciencias y Tecnología de los Alimentos; la inocuidad de los productos es importante para velar por la salud del consumidor.

La inexistencia del monitoreo y vigilancia a la harina de maíz, en relación con el análisis de aflatoxinas y poder obtener resultados, para realizar recomendaciones para la implementación de este análisis en los productos, como la harina de maíz.

Derivado de lo anterior, el presente trabajo de investigación describe la implementación de metodologías, por lo cual inició con la revisión documental, para tener antecedentes del problema, luego se tomaron muestras de diferentes harinas de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas, que se comercializan en la ciudad de Guatemala.

Posteriormente se compararon resultados de los niveles de aflatoxinas en harina de maíz nixtamalizada con una harina de maíz no nixtamalizada. Se analizaron los niveles de aflatoxina a través de metodología de análisis de laboratorio ELISA, en donde se determinaron los niveles seguros de presencia de aflatoxinas, considerando como referencia a la Norma Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) NGO 34 190.

Se incluye un análisis previo de la factibilidad de este trabajo de investigación, que se visualiza factible realizarlo.

Por último, se realizaron 5 recomendaciones al Departamento de Regulación y Control de Alimentos para la implementación de la herramienta de monitoreo. Los resultados obtenidos resaltan que, el 100 % de las muestras analizadas presentaron un nivel permitido según la norma COGUANOR 34 190. Teniendo este resultado en cuenta se puede decir que, es de beneficio para la población, debido a que no presenta niveles dañinos o nocivos para los consumidores.

El informe se conformó por 4 capítulos, que se estructuran así; en el capítulo 1 se plantea el Marco Referencial que expone las generalidades a través del análisis y resultados de investigaciones previas.

El capítulo 2 Marco Teórico, en este se presenta información importante, sobre definiciones de términos que ofrecen una visión amplia del tema que se estudió. El capítulo 3 Presentación de Resultados presenta los resultados de la investigación centrados en los objetivos expuestos, por medio de la recolección de 16 muestras de harina de maíz, determinando que los valores presentes en harina de maíz cumplen con los límites superiores de aflatoxinas, descritas en la normativa mencionada.

El capítulo 4 Discusión de Resultados, donde se analiza la validez interna y externa de marcas según las recolectas en los diferentes puntos de venta. En la cual se determinó que todas las muestras presentan un nivel permitido, según la normativa COGUANOR. Seguidamente se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes del estudio. Finalizando el presente trabajo con las conclusiones, recomendaciones y referencias que sirvieron como guía a la elaboración de esta.

1. MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se describen aspectos importantes del consumo de harina de maíz en el país. La base de la dieta guatemalteca es el maíz, principalmente en forma de tortillas. Hace unos años las personas en la mayoría del interior del país, elaboraban su propia masa, pero en los últimos aproximadamente 5 años, ya estas personas utilizan la harina de maíz nixtamalizada en la fabricación de tortillas, para facilidad y rapidez. Por lo cual buscan la disponibilidad de harinas de maíz en los puntos de venta.

1.1 Generalidades

Se encontraron diversos estudios en donde se ha podido verificar otras investigaciones previas. Por lo tanto, se describe un resumen de lo que se ha investigado en los demás países.

1.1.1 Análisis de resultados de investigaciones previas

Se han realizado varias investigaciones en diferentes países de Latinoamérica, debido a que el consumo de maíz y harina es más alto por cultura. Se han realizado incluso proyectos específicos apoyados por FAO/OMS y USDA, porque apoyan para tener menor riesgo en las cosechas y poder implementar herramientas de prevención. Esto es un tema de salud pública, debido a que es parte de la seguridad alimentaria.

1.1.1.1 Análisis a nivel internacional

Los investigadores Moreira, Oliverira, Vieira, Freire, Silva y Riberiro (2016) publicaron en la Revista Do Instituto Adolfo Lutz, la investigación *Aparición de hongos y aflatoxinas B en frutos secos y productos comercializado en las regiones del nordeste brasileño*, lo más importante se describe a continuación:

La contaminación por aflatoxinas se ha considerado un problema de salud pública, especialmente en los países latinoamericanos que la base de la dieta es el maíz. En la investigación que realizó sobre aflatoxinas, se analizaron 23 muestras por cromatografía de capa fina. La contaminación fúngica visible en los alimentos se identificó de acuerdo con su microscopia y características microscópicas.

Determinaron que, sí hubo presencia de aflatoxinas en algunos alimentos, como en nueces y maní. En total se detectó en el 8.7 % de las 23 muestras analizadas y el 12.5 % de las muestras de nueces brasileñas dieron positivo para AFB1; ambas pruebas superiores a las recomendadas. Concluye que estos hallazgos indican que es necesario aplicar el control de calidad de los alimentos. (pp. 1-6)

El estudio mencionado, aportó a la presente investigación, la experiencia sobre el método utilizado para determinar la cantidad de aflatoxinas. Y adicional implementó recomendaciones de controles de calidad.

Sanabria, Martines y López (2017) publicaron en la Revista Agrollanía la investigación *Occurrence of fungi and aflatoxins B in nuts and products marketed the Brazilian northeastern regions*, lo más relevante se presenta a continuación exponen:

Las aflatoxinas son compuestos naturales de micotoxinas producidos por varias especies de hongos de varias especies, dichas micotoxinas son compuestos inmunosupresores, citotóxicos, carcinógenos, causan daños renales y hepáticos hasta la muerte.

Las aflatoxinas han sido responsables de varios episodios de intoxicación masiva tanto en humanos como en animales. Entre las materias primas y productos que frecuentemente están contaminados está el maíz, trigo, arroz, avena, leche, queso y subproductos pecuarios.

La investigación realizada aportó como referencia bibliográfica sobre los enfoques analíticos de la detección de aflatoxinas. (pp. 51-58)

Dicho estudio concluye en que es importante que se incorporen métodos analíticos y confirmatorios como la combinación de análisis más adecuado en la detección de aflatoxinas que contamina los alimentos.

Los investigadores Maigua, Mayorga, Linzán, Ramos, Mendoza, (2018) publicaron la investigación *Evaluación de la contaminación por aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en maíz amarillo duro*, en donde plantean lo siguiente:

Investigación en la cual los autores indicaron que efectuaron un trabajo con el fin esencial de evaluar la presencia natural de aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en el maíz duro originario de la región de Los Ríos, Ecuador. Emplearon la metodología previa garantizada en el interior del laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos. En este proceso emplearon técnicas de estudio que usan una columna de inmunoafinidad, seguido de una determinación por medio de la cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC).

Una vez, realizada la evaluación de los parámetros de validación, se estableció que el método analítico presentado es tipo selectivo y no reflejó interrupciones para el estudio de las cuatro clases de aflatoxinas. De igual manera, la evaluación de aflatoxinas fue realizada en 61 muestras de grano seleccionadas del campo de productores directamente. No obstante, el 50 % de las muestras reflejaron contaminación por aflatoxina B1, con niveles de 1.03 a 193.54 µg/kg; el 12 % de las muestras fue contaminado por aflatoxina B2, con niveles de 1.24 a 8.26 µg/kg.

Adicional se menciona que “la incidencia de aflatoxinas G1 cumplió un rango de 5 %, con niveles de 1.25 a 7.57 µg/kg. En las muestras analizadas no se halló contaminación de Aflatoxina G2. (pp. 13-21)

El estudio concluye que los resultados de análisis del grano de maíz, es importante porque es la materia prima para la producción de la harina de maíz. Así también se identificó el tipo de aflatoxina predominante en la muestra, es la aflatoxina B1. Se tomó en cuenta de este estudio la metodología analítica que realizaron para los resultados.

Vásquez, Barzola y Morán (2016) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, publicaron la investigación *La prevalencia de Aspergillus spp y aflatoxinas en Zea mays L. (maíz) almacenado en silos, en Ecuador*, en el que exponen:

En la investigación indican que la *Aspergillus spp* ufc/g y su principal metabolito la aflatoxina (ppb/g), en maíz (*Zea mays, L*) almacenado en los tres silos de la Unidad Nacional de Almacenamiento en Quevedo - Ecuador, durante el primer semestre del 2014.

El análisis muestra, los lados laterales oeste, lateral este y medio de cada silo con dos repeticiones cada muestra, es imprescindible mencionar, que las extracciones fueron realizadas a los 30, 60 y 90 días, refleja así un crecimiento de hongo del 2.06×10^5 a 4.60×10^5 ufc/g.

La precisión de aflatoxinas fue realizada con el método de ELISA, y en 90 días el rango más elevado fue de 55,71 ppb. Se efectuó la técnica de análisis de varianza ANOVA y se cotejaron las medias adquiridas con la prueba de DUNCAN ($P < 0.05$). Las muestras estudiadas reportaron valores elevados a 20 ppb/g de la micotoxina, nivel máximo admitido por la Agencia de Drogas y Alimentos –FDA- y el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 187:95).

Es imprescindible mencionar que, este maíz es considerado como alimento tóxico para las personas, por lo mismo, no inocuo, porque no cumple con los requisitos permisibles microbiológicos de Mohos y levaduras de 500 ufc/g NTE INEN 2 051 en 1995. (pp. 189-202)

Por lo tanto, aportó al presente trabajo, el análisis al maíz como materia prima; también como referencia al tipo de estudio estadístico para ser considerado en este estudio.

Los investigadores Ramos *et al.*, (2016) expresan que:

Enfocados en que las micotoxinas son metabolitos tóxicos producidos por mohos filamentosos que se encuentran frecuentemente en el maíz, originados de la contaminación en el campo o durante las etapas de recolección y almacenamiento del grano, si las condiciones no son las adecuadas.

Cabe resaltar que en España las micotoxinas esenciales que contaminan el maíz son las provenientes del crecimiento de cepas micotoxigénicas de *Fusarium*, principalmente las *fumonisin*as, la *zearalenona* y el *deoxinivalenol*. (p. 408)

El estudio aportó a la presente, donde puede originarse la contaminación del maíz el cual es directamente del campo, tanto del grano como de la materia prima. Adicional aportó referencia sobre la definición de micotoxinas.

Por otra parte, en el trabajo titulado *Cuantificación de aflatoxinas totales en harina de maíz que se expende en tres mercados de la ciudad del Cusco-Perú*”, de Romero (2018) explica que:

Se procesaron un total de 36 muestras de harina de maíz procedentes de tres centros de abasto de la Cuidad de Cusco, Perú.

El objetivo fue cuantificar las aflatoxinas totales, frecuencia de mohos, correlación de mohos con humedad y pH, correlación de la concentración de aflatoxinas totales con humedad y pH.

Se utilizó el método de ELISA para determinar las concentraciones totales de aflatoxinas. (pp. 27-35)

El autor concluyó de acuerdo con los análisis realizados que, el 92 % de las muestras evaluadas presentó un promedio de 2.35 mcg/kg de aflatoxinas totales, de lo cual se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de acuerdo con la normativa del país.

El estudio se utilizó como referencia, de la toma de muestras y de los resultados obtenidos. En el cual se determinó si estaban dentro de los límites establecidos.

1.1.1.2 Análisis a nivel nacional

Rivera, Hernández y Ramírez del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP, en el año (2020) realizaron la investigación *Aflatoxinas y otros factores de riesgo para cáncer de hígado, en Guatemala*, en donde exponen que:

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios producidos por hongos. Estas toxinas también conocidas como micotoxinas, pueden desarrollarse rápidamente en ambientes cálidos y húmedos. La subespecie *A. Flavus* se encuentra en suelos a lo largo del mundo.

En los últimos años se han realizado varios estudios en Guatemala en donde se ha encontrado contaminación con aflatoxinas AFB1 en cereales como el maíz, con distintas metodologías. En la literatura existente, hay fuertes indicios que las aflatoxinas tienen un rol importante en la alta incidencia de cáncer hepático en Guatemala. (pp. 1-6)

Los autores concluyen que, el carcinoma hepatocelular es una de las principales causas de muerte en Guatemala. Existen múltiples factores de riesgo asociados a la dieta.

El aporte de este estudio es conocer las consecuencias del consumo de maíz contaminado con aflatoxinas, el riesgo a la salud de la población y lo que representa para salud pública el tener que tratar con dicha enfermedad.

Torres (2013) realizó la investigación titulada *Determinación, Caracterización y Evaluación de aflatoxina que influye en el retardo de talla para edad en niños de Guatemala*, en la cual expone que:

La investigación fue financiada por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología FONACYT, realizada con el objetivo de conocer si niños menores de 24 meses de ocho municipios con tasas más altas de retardo en talla para edad a nivel nacional, están expuestos a aflatoxinas, se midieron y se caracterizaron las aflatoxinas del maíz que consumen ng/g y se determinó la exposición por medio de un estudio transversal llevado a cabo en 155 hogares.

El maíz recolectado en los hogares se analizó por ELISA las aflatoxinas totales. Adicional al recolectar 640 muestras de maíz en mercados y tiendas en 280 municipios de los 22 departamentos de Guatemala y luego enviadas a USDA para medir las aflatoxinas por cromatografía líquida. (pp. 20-40)

La autora concluye que, se detectaron muestras por encima de 6,000 ppb, tanto en hogares como niños, los cuales son expuestos diariamente a las aflatoxinas contenidas en el maíz.

Se determinó, a través del análisis de varias investigaciones en Guatemala, que la aflatoxina es predominante en el país. Como última observación la autora comenta que no se pudo identificar controles de calidad que se realicen para el maíz destinado a la industrialización. Los departamentos más afectados por la contaminación de aflatoxinas son Petén y Suchitepéquez. Por lo que se recomienda fomentar buenas prácticas de agricultura para evitar

contaminación en los niños y esto promueva el retardo en el crecimiento de los niños en Guatemala.

El estudio realizado en Guatemala aportó a la presente investigación como referencia, que el estudio pudo determinar los efectos negativos para el país, enfocado en los niños, de cómo esto puede afectar en su crecimiento y desarrollo.

Tax, *et al.*, (2019) forman parte del programa de consorcios de investigación agrícola para MAGA, USDA, IICA INCAP y el ICTA y en la investigación *Maíz: Incidencia de aflatoxinas y fumonisinas en producciones excedentarias del norte de Guatemala*, plantean que:

El objetivo del estudio fue identificar la incidencia de aflatoxinas y fumonisinas y realizar una caracterización de las prácticas de cosecha, post cosecha y almacenamiento del maíz. La zona de estudio fue de 7 municipios que integran la agrocadena de maíz en la región norte. Se identificó la calidad física del grano según la Norma COGUANOR 34-047 (pp. 1-42).

De la investigación antes mencionada se concluye que, las muestras superaron los niveles permitidos según referencia de la norma COGUARNOR mencionada, así como determinaron que a pesar de que solo era una época lluviosa, se identificó además que, los niveles que presentaron los análisis de maíz sobrepasan los niveles aceptados. Y se determinó que, los agricultores no tienen prácticas adecuadas para el control de humedad de almacenamiento.

El estudio es importante como referencia de las normas utilizadas como referencia, también del nivel permitido de aflatoxinas presentes en el maíz.

Además, menciona las prácticas inadecuadas del control de calidad, por ende, la falta de inocuidad en el producto.

De los estudios relacionados con el maíz y aflatoxinas se puede observar que, en el caso del análisis de aflatoxinas en maíz, han encontrado que los niveles de aflatoxinas son altos, sobrepasan los niveles permitidos según las normativas de cada país.

Esto influye debido a que, el grano como materia prima de la harina de maíz, es importante que sea evaluado en calidad y cumpla con los criterios de inocuidad. Esto con el fin de poder prevenir muchas enfermedades causadas por la aflatoxina.

Según las investigaciones realizadas en diferentes lugares de Latinoamérica indican que, el maíz es un grano altamente consumido debido a la cultura de cada país. Esto es esencial como parte de la alimentación de la población, esto nos lleva a que es un tema a su vez de seguridad alimentaria.

Por lo tanto, se pudo determinar que aporta a la presente investigación información importante, tales como las metodologías de análisis, normativas que se toman como referencia de los niveles de aflatoxinas que puede tener presentes en el maíz, así como los métodos estadísticos. Los estudios de referencia también llevan a visualizar como poder proponer las recomendaciones sobre la importancia del análisis de aflatoxinas en harinas de maíz.

2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se presenta cada uno de los conceptos teóricos fundamentales que forman parte del conocimiento relacionado a la inocuidad, maíz, producción de la harina de maíz, nixtamalización del maíz y las aflatoxinas.

2.1 Maíz

El cultivo del maíz (*Zea mays L.*) forma parte del grupo de los granos básicos que constituyen base de la dieta de la población guatemalteca por su alto contenido energético y de proteína. Fuentes (2002) afirma que: “En Guatemala existen varios tipos de especies de granos básicos como son el maíz, frijol negro, arroz y sorgo” (p. 34).

El autor citado indica que, el cultivo de maíz tiene una amplia distribución a través de diferentes zonas de Guatemala. La distribución del cultivo está en función de la adaptación, condiciones climáticas como la humedad relativa, temperatura entre otras.

“El maíz es de gran importancia económicamente a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales” (Fuentes, 2002, p. 39).

Por lo tanto, la diversidad de los entornos en que es cultivado el maíz es de los más variados, en comparación con otros cultivos.

“El maíz es cultivado como una planta domesticada, el hombre y el maíz han vivido, evolucionado desde tiempos remotos” (Vásquez, 2016, p. 23). Por esto mismo, el maíz no crece de manera salvaje, también no puede sobrevivir en la naturaleza, en otras palabras, su desarrollo depende del cuidado humano.

Deras (2020) afirma que:

El maíz es una de las especies cultivadas más productivas, es una planta con una alta tasa de actividad fotosintética. El maíz contiene el más elevado potencial en la producción de carbohidratos en unidades producidas a diario. Es importante mencionar, que fue el pionero en cereales en sufrir rápidas y relevantes transformaciones tecnológicas en el proceso de cultivo. (p. 98)

Con base en la definición anterior, el maíz se originó y evolucionó en zona tropical, por lo mismo es nombrada planta de excelentes rendimientos. “Es cultivado en los 58° de latitud norte en Rusia y Canadá, en 40° de latitud sur en Chile y Argentina” (Deras, 2020, p. 101). Debido a esto, la mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes, más aún, el cultivo continúa a expandirse en nuevos ambientes y áreas.

Según Fuentes, (2002):

El maíz es catalogado en dos clases distintas según su latitud y ambiente en el que es sembrado, además el que se cultiva en ambientes más cálidos, en el Ecuador Terrestre, de 30° latitud sur y de 30° latitud norte se le conoce como maíz tropical, entretanto que, el que es sembrado en climas fríos, cerca de los 34° de latitud sur y norte, es conocido como maíz

de zona templada; por otra parte, los maíces subtropicales prosperan entre las latitudes de 30° y 34° de ambos hemisferios. (p. 48)

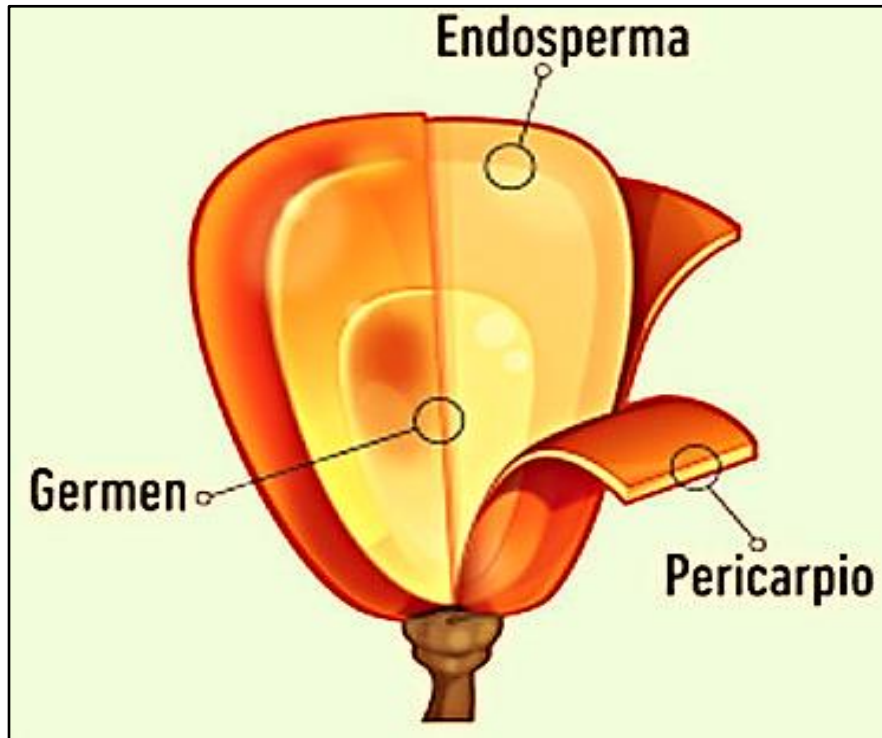
Esta es una descripción muy general; los maíces tropicales y templados no obedecen a límites regionales o latitudinales rígidos.

2.2 Estructura del grano de maíz

“Fundamentalmente la estructura anatómica de los granos en general de cereales es similar, caracterizándose un cereal de otro únicamente en pequeños detalles” (Fuentes, 2002, p. 53).

Del autor citado, los granos de maíz, trigo y centeno, es decir, cariósides desnudas consiste en: una cubierta, en otras palabras, pericarpio y la semilla. La semilla se estructura: germen y endospermo. Tal como se observa en la siguiente figura.

Figura 1. Grano de maíz



Fuente: Morales (s.f.) *Estructura del grano de maíz*.

2.3 Harina de maíz

En los países como Guatemala, el uso del maíz es esencial debido a que, es el consumo humano directo, se podría decir que, en estas últimas décadas, existe un cambio tecnológico importante en la forma de procesarlo y de hacerlo llegar a la mesa del consumidor.

Este cambio forma parte de un proceso mayor de transformaciones estructurales que han modificado radicalmente el perfil económico.

Agregan Contreras, *et al.*, (2006) que:

El proceso de maíz a harina significó la solución al problema de conservación de la masa de nixtamal, en general, y en forma particular, en los lugares con climas tropicales, donde en unas cuantas horas, la masa elaborada bajo el esquema tradicional resultaba inadecuada para que las personas consumieran. El costo de producto de la masa de nixtamal es mayor que el de la harina de maíz porque se utilizan más insumos básicos. (p. 25)

En la elaboración de la masa de nixtamal se pierden nutrientes por el proceso de limpiado y conocimiento del grano. También “hay pérdidas en el transporte y manejo de la masa, porque esta se descompone en poco tiempo y se deshidrata” (Contreras, *et al.*, 2006, p. 29).

Por estas razones la harina de maíz es empleada por las amas de casa y principalmente por la industria que realiza tortillas, porque esto reduce las mermas, evita la pérdida de nutrientes y tiene asegurado el control de calidad.

“El proceso industrial permite una producción mayor de tortillas que la de los molinos de nixtamal y menos sujeta a los aumentos del costo de insumos y mano de obra” (Contreras, *et al.*, 2006, p. 33).

Por consiguiente, este proceso se encuentra en permanente mejoría debido al desarrollo tecnológico que permite incorporar nutrientes que enriquecen la alimentación de la población.

2.3.1 Obtención de harina de maíz

Según el Codex Alimentarius Norma CXS 155 (2019):

Es el alimento que se obtiene de los granos de maíz totalmente maduros, sanos, sin germen, exentos de impurezas, moho, semillas de malas hierbas y otros cereales mediante un proceso de molienda durante el cultivo se pulveriza el grano hasta que alcance un grado apropiado de finura y se le quita el sábado y el germen. (p. 39)

Así pues, la harina de maíz se puede obtener de la siguiente manera: apartando por completo, el endospermo del germen y del salvado, con el fin que la harina quede de buen color, proceso que mejorará la palatabilidad y digestibilidad del producto finalizado, y el tiempo de almacenamiento.

“La harina es, el endospermo triturado finamente; el germen, el salvado y el resto del endospermo forman un producto secundario usado en la alimentación animal” (Contreras, *et al.*, 2006, p. 37).

Para el proceso de apartar el endospermo del salvado y el germen, reducirlo en harina, se ha adoptado una manera particular de trituración que se puede considerar como una combinación de raspado, tundido y machacado, llevados a cabo por molinos de cilindros y las distintas propiedades que poseen las tres partes que se mencionan a continuación.

- Puede realizarse en tres procesos básicos para la obtención de harina de maíz:
 - Trituración: fragmentación del grano de forma que se consiga una disociación de cada una de sus partes anatómicas.

- Tamización: separación de las partículas en diferentes fracciones según sus tamaños. Este proceso se puede realizar varias veces, y consiste en separar en un primer tamiz, partículas más gruesas de las que se podrá obtener más harina.
- Purificación: “separación de las partículas procedentes de las cubiertas corticales del endospermo, según su velocidad límite de caída, por medio de corrientes de aire” (Pérez, Zulay y Cisneros, 2006, p. 38).

2.4 Nixtamalización del maíz

Teniendo en cuenta a Paliwal (2001) la Nixtamalización del Maíz, como el proceso antiguo que empleaban los pueblos indígenas de América, sin embargo, es utilizada para la elaboración de tortillas de calidad y otros productos comestibles.

Una vez, cocido el maíz con cal, el producto adquirido es el llamado nixtamal, seguidamente es lavado con agua abundante para eliminar el exceso de cal, después es molido en molinos de piedra para lograr una pasta cohesiva y suave, que es llamada masa. (p. 41)

Con base en lo antes mencionado, la masa es utilizada para producir tortillas, las cuales son la principal fuente de calorías, proteínas y calcio para la población.

De acuerdo con García y Vásquez (2016) nixtamalización es conocido como el proceso de degradación química de las aflatoxinas, caracterizado por utilizar el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hidróxido de calcio, conocido como cal, llamado también agente alcalinizante, empleado para la cocción del maíz, denominándose al proceso nixtamalización.

El proceso consiste en añadirle al maíz crudo 5 galones de agua y de 1.6 a 5.8 g de hidróxido de calcio/kg. Maíz. La mezcla se calienta durante 45 a 61 minutos a 94 °C temperatura de ebullición. Luego se deja reposar durante 14 horas y se lava de 4 a 5 veces con agua (p. 46).

De tal forma que, el hidróxido de calcio usado para la nixtamalización reduce el contenido de aflatoxinas, pero no las elimina por completo. Se sospecha que la cocción alcalina ocasiona la inactivación de la aflatoxina en las regiones más vulnerables de su estructura molecular, como lo es la abertura del anillo de la lactona.

La nixtamalización, es el procedimiento tradicional para preparar tortillas, chuchitos, atoles, tamales, entre otros. Es una práctica común en ciertos países, el maíz es un producto comestible de alta demanda por toda la población.

Cabe destacar que, algunas aflatoxinas son fácilmente lavadas con el desaguado inicial del maíz y otras indudablemente transformadas químicamente por álcali, aunque este proceso reporta que produce reducción de la contaminación, no da suficiente seguridad al producto cuando está altamente contaminado.

2.5 Manejo de materias primas

Enfatiza Correia, Araujo, Fernandes, Lyvia y Dutra (2012) que “el almacenamiento de las materias primas sin procesar o procesadas es prioridad, la materia prima es recibida en camiones y almacenadas a granel en silos o sacos se debe cumplir con ciertos requisitos” (p. 72). Consecuentemente para ello el personal de control de calidad debe llevar a cabo una inspección durante la descarga y el ingreso de esta, por seguridad en los siguientes pasos.

2.5.1 Área de bodega

En la gestión de materia prima en la bodega el personal de control de calidad es el responsable de realizar las inspecciones en la descarga y el ingreso de la materia prima, a través de los pasos siguientes:

- Que el espacio destinado para colocar cargamento este limpio y seco
- Que el equipo que se utiliza para el manejo de los ingredientes (montacargas de levantamiento, plataformas) esté limpio y en buenas contamine durante el manejo y muestreo.
- Que el producto no se contamine durante el manejo y muestro

2.5.2 Camiones de transporte

En el control de materia prima el personal de los camiones de transporte, deberán cumplir con las siguientes actividades:

- Que las condiciones exteriores del contenedor estén libres de lodo, agua, manchas de aceite y restos de insectos, entre otros, porque pueden llegar al producto y esto produce posible contaminación durante el transporte.
- Que el interior del contenedor esté libre de malos olores que puedan ser causados por suciedad o infestaciones, resultado de embarques previos; O haya limpiado inadecuadamente el contenedor antes de cargar el nuevo embarque y que el producto se encuentre en estado de descomposición antes de cargar; o solventes tóxicos, productos de petróleo o químicos hayan sido transportados en el mismo embarque.
- Que las condiciones de colocar cajas de cartón corrugado, paquetes, bolsas, fardos y otros recipientes dentro del contenedor sean las adecuadas. Si hay alguna caja, paquete o recipiente que se encuentre roto, aplastado, entre otros. Debe apartarse del resto del producto para evitar una posible contaminación.
- Que el producto esté libre de cualquier evidencia de activa de insectos o roedores o cualquier otra peste.
- Que el cargamento se encuentre alejado de cualquier otro artículo que no sea un producto alimenticio. Estos podrían ser productos venenosos y por consiguiente un medio de contaminación.
- Que el interior del contenedor este en buenas condiciones después de realizada la descarga. Los pisos y paredes deben estar en buen estado.
- Se deben tomar y analizar muestras al azar que sean representativas de todo el lote. Estas serán analizadas en el laboratorio para asegurarse que

se cumplan con las especificaciones establecidas.

2.6 Inocuidad

Garantizar la inocuidad alimentaria es un proceso complejo que empieza en el área agrícola y termina con el consumidor. La organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), es la única organización que supervisa todos los aspectos de la cadena alimentaria.

Según FAO reporta que los alimentos nocivos presentan una amenaza para la salud humana y la economía, y generan al año en torno a 600 millones de casos de enfermedades transmitidas por alimentos y 420 mil muertes.

La inocuidad o seguridad de los productos comestibles es, de aspecto prioritario, no únicamente para salud pública, sino para la producción alimenticia. En el amplio ámbito de las intoxicaciones debidas al consumo de alimentos, el mayor interés se concentra en las levaduras y los mohos.

2.7 Tipos de hongos que infestan los granos

Mencionan Delgado, García, Reyes (2007):

Los hongos que atacan granos y semillas han sido divididos tradicionalmente en dos categorías; los hongos de campo que invaden la semilla cuando la planta está en crecimiento los cuales pueden ser saprofitos o parásitos y cuya actividad decrece en el proceso de almacenaje, porque requieren de alta humedad en la semilla. Los hongos más importantes de campo son especies de los géneros *Atemaria*, *cercospora*,

claviseps, curvalaria, drechslera, fusarium, phomopsis, sclerotium y verticillium. (p. 56)

Los autores citados anteriormente indican que, los hongos llamados de almacenamiento; aumentan en el almacenamiento debido a que no son tan exigentes por humedad, los más importantes géneros son *Aspergillus, Fusarium y Penicillium*.

Hay diversidad de factores involucrados en la presencia de hongos y sus toxinas en los granos, en palabras de Delgado et. al. (2007), entre los más importantes están:

- Humedad del grano en el proceso de siega y almacenaje
- Humedad relativa durante el almacenamiento
- Temperatura en el área de sembrado y en el almacén
- Aireación del almacén
- Daños mecánicos y por insectos
- Transporte
- Tiempo para el proceso de secado
- Manipulación de las condiciones de almacenaje del grano (p. 59).

2.8 Definición de micotoxinas

Argumentan Ramos, Sillue y Sanchis (2016) que:

Las micotoxinas se estructuran de un extenso grupo de sustancias químicas conocidos como metabolitos secundarios causados por distintas clases de hongos; inducen gran diversidad de impactos tóxicos en personas y animales al consumir alimentos contaminados. Estos pueden

estar presentes en una gran diversidad de plantas alimenticias, frutas, piensos. (p. 45)

En efecto, pueden detectarse en productos animales provenientes de animales que han consumido pastos contaminados, un ejemplo típico de toxicología de los productos intermedios.

Cabe agregar que, la presencia de hongos no conlleva precisamente la presencia de micotoxinas, que son generadas bajo condiciones particulares. Sobre un centenar de especies de hongos, la mayoría de ellas pertenecen a los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, producen micotoxinas asociadas a intoxicaciones en humanos y animales.

Más de una especie de hongo puede producir la misma micotoxina, y más de una micotoxina puede estar implicada en una intoxicación. Ante esta simultaneidad de toxinas en productos alimenticios y piensos, es imprescindible analizar las interacciones entre las distintas micotoxinas.

En las diversas interacciones de micotoxinas, las aflatoxinas, a través del tiempo son las más analizadas y causantes de potentes investigaciones, debido a la potencia hepatocarcinógena en algunas especies animales.

2.9 Definición de aflatoxinas

Las Aflatoxinas son “metabolitos producidos principalmente por dos especies de hongos: *Aspergillus Flavus* y *Aspergillus parasiticus*, que resulta ser toxico para el hombre y animales que la consumen” (Ramos, *et al.*, 2016, p. 49).

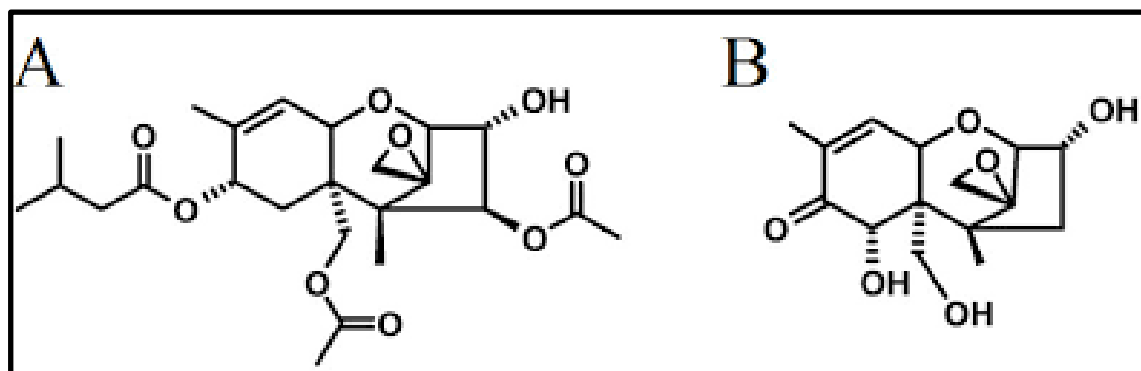
De tal forma que, las aflatoxinas se han clasificado en 18 tipos de aflatoxinas, pero solamente algunas tipo A, B, G y M han sido detectadas como contaminantes naturales de los alimentos.

“Las aflatoxinas pueden originarse en productos comestibles como las nueces, manías, toda clase de granos de cereales, semillas de algodón y en los higos” (Ramos, Sillue y Sanchis, 2016, p. 50).

Los alimentos contaminados con aflatoxinas surgen en países industrializados y también en países en vías de desarrollo. En granos almacenados, los factores más importantes que influyen en el crecimiento de *Aspergillus* spp y la producción de aflatoxinas son la humedad relativa alrededor y dentro del sustrato y la temperatura de almacenamiento.

Tal como se muestra en la figura 2, la estructura química de las aflatoxinas son difurocumarolactonas (derivadas de la fumarocumarina), cuya estructura consiste en “un anillo de bifurano fusionado a su núcleo de cumarina con un anillo de pentona o un anillo de lactona de 6 miembros” (Ramos, Sillue y Sanchis, 2016, p. 50).

Figura 2. Estructura de aflatoxina



Fuente: UNAM (2019). Estructura de aflatoxina.

2.9.1 Mecanismos de acción de las aflatoxinas

Las aflatoxinas pueden “interactuar con proteínas intracelulares, ADN, ARN y esencialmente en siembras con características de hepatocitos humanos. Hay dos tipos de acción conocidos que ocurren entre las aflatoxinas y ácidos nucleicos” (Ramos, *et al.*, 2016, p. 59).

Por lo que, un tipo resulta de una ligadura no Valente débil y reversible y el otro es una ligadura no covalente que ayuda a la formación de conductos de ADN-aflatoxinas

Asimismo, las aflatoxinas pueden interactuar con proteínas intracelulares, ADN, ARN y esencialmente en siembras con características de hepatocitos humanos, además hay dos tipos de acción conocidos que ocurren entre las aflatoxinas y ácidos nucleicos.

“La absorción de las aflatoxinas es el proceso por medio del cual las sustancias toxicas atraviesan las membranas del cuerpo y entran al torrente sanguíneo” (Romero, 2018, p. 73).

Debido que las aflatoxinas son compuestos altamente liposolubles, son absorbidas rápidamente en los sitios de exposición al torrente sanguíneo. “En la distribución de las aflatoxinas, tienden a infiltrarse mayormente en los tejidos blandos y en los depósitos de grasa” (Romero, 2018, p. 79).

Sin embargo, la mayor acumulación ocurre en los órganos involucrados en la biotransformación de la toxina tales como el hígado y riñones.

2.10 Medidas de control de micotoxinas

“El tratamiento con temperatura: el uso de calor fue el primer intento practico para disminuir la presencia de las micotoxinas, tanto calor húmedo como seco” (Romero, 2018, p. 85).

De lo citado, ambos son inefectivos; las aflatoxinas son estables hasta su punto de fusión 250 °C, con calor húmedo, hay una reducción sustancial, lográndose en experimentos específicos reducirse de 7000 ppb a 340 ppb con 60 % de humedad y presión de 15 psi por 4 horas. Al tratar el producto con 10 % de humedad se obtienen los mismos resultados.

Remoción por disolventes: las aflatoxinas puras son insolubles en agua y en hidrocarburos de petróleo, pero solubles en solventes polares como metanol, etanol, cloroformo y benceno. El metanol es un buen disolvente para extraer aflatoxinas con material altamente susceptible a contaminarse, tales como maíz y el cacahuate. Se han realizado estudios para encontrar una mezcla de disolventes que extraiga de manera adecuada las distintas micotoxinas encontrándose que una mezcla de acetona-hexano-agua 50:48:5:1.5 V/V elimina completamente la presencia de aflatoxina en oleaginosas.

2.11 Detención y medición del contenido de micotoxinas

Para la detención y cuantificación de las micotoxinas podría decirse que se pueden desarrollar cuatro metodologías, según de cuál sea el objetivo, si es únicamente detectar su presencia o bien la cuantificación de estas.

En palabras de Romeo (2018), estos métodos pueden enumerarse de la siguiente manera:

- Tamizaje: son los métodos tanto químicos como biológicos que detectan la presencia de micotoxinas con la característica que no ofrecen falsos negativos, aunque no informan de la cantidad exacta y el tipo de toxina presente en la muestra.
- Pruebas confirmatorias: son pruebas químicas o instrumentales que aseguran la presencia de alguna o algunas micotoxinas. No provee falsos positivos.
- Pruebas cuantitativas: son pruebas instrumentales que conducen a conocer el tipo y cantidad de la micotoxina presente.
- Prueba de campo: se realiza en poco tiempo, son poco confiables pero debido al número de muestras y al lugar donde se realiza la prueba, dan una idea del tipo de contaminación, necesitándose por ello una prueba confirmatoria posterior (p. 89).

Cabe destacar que, para detección de micotoxinas, en plantas de alimentos con sus respectivos laboratorios, existen los métodos de inmunoensayo.

Estos métodos utilizan anticuerpos específicos para cada micotoxina; detectar la mayoría de micotoxinas en muestra complejas, requiriéndose una mínima purificación de la muestra, para ello se tienen dos tecnologías básicas:

- ELISA (inmunoensayo enzimático)
- Columnas de Luminiscencia (columnas impregnadas con anticuerpo)

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos propuestos, se presentan los resultados obtenidos con relación al análisis de aflatoxinas, en la ciudad de Guatemala, Guatemala.

3.1 Objetivo 1: identificar cuáles son los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala

Se realizó la revisión de las normativas que pueden ser aplicadas a las harinas maíz, para tener una referencia de los límites que pueden presentar de aflatoxinas. En las normativas aplicadas en Guatemala, se pudieron encontrar: la norma COGUANOR 32-190, *Reglamento para la fortificación con micronutrientes para la harina de maíz nixtamalizada* y la Norma General del Codex para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos y piensos CODEX STAN 193-1995.

Se tomaron 16 muestras de diferentes marcas, de acuerdo con la búsqueda de diferentes marcas en los puntos de venta, se tomó 1 muestra de cada una de las marcas que se encontraron disponibles en el comercio.

Se identificó el nivel de aflatoxinas, descritos en la tabla III, de acuerdo con los resultados obtenidos mediante un laboratorio de análisis.

Los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz en las muestras analizadas fueron las siguientes:

Tabla III. Resultados de análisis de aflatoxinas por marca

No.	Marca	Resultado (ppb)
1	Maseca	0
2	Sabe Mas	0
3	Del Comal Maíz Amarillo	0
4	Oro Maya	0
5	Suli Harina de Maíz	0
6	Del Comal Maíz Blanco	0
7	Del Maíz Doña Tita	1.4
8	Torti Masa	0
9	PAN Harina de Maíz Amarillo	0
10	Presto Pronta	0
11	¡Ya esta! Polenta	1.2
12	¡Ya esta! Salpor Harina de Maíz	0
13	Roland Polenta	0
14	Molino di Ferro Polenta	0
15	Harina de Maíz artesanal (sin marca)	0
16	PAN Harina de Maíz Blanco grano entero	0

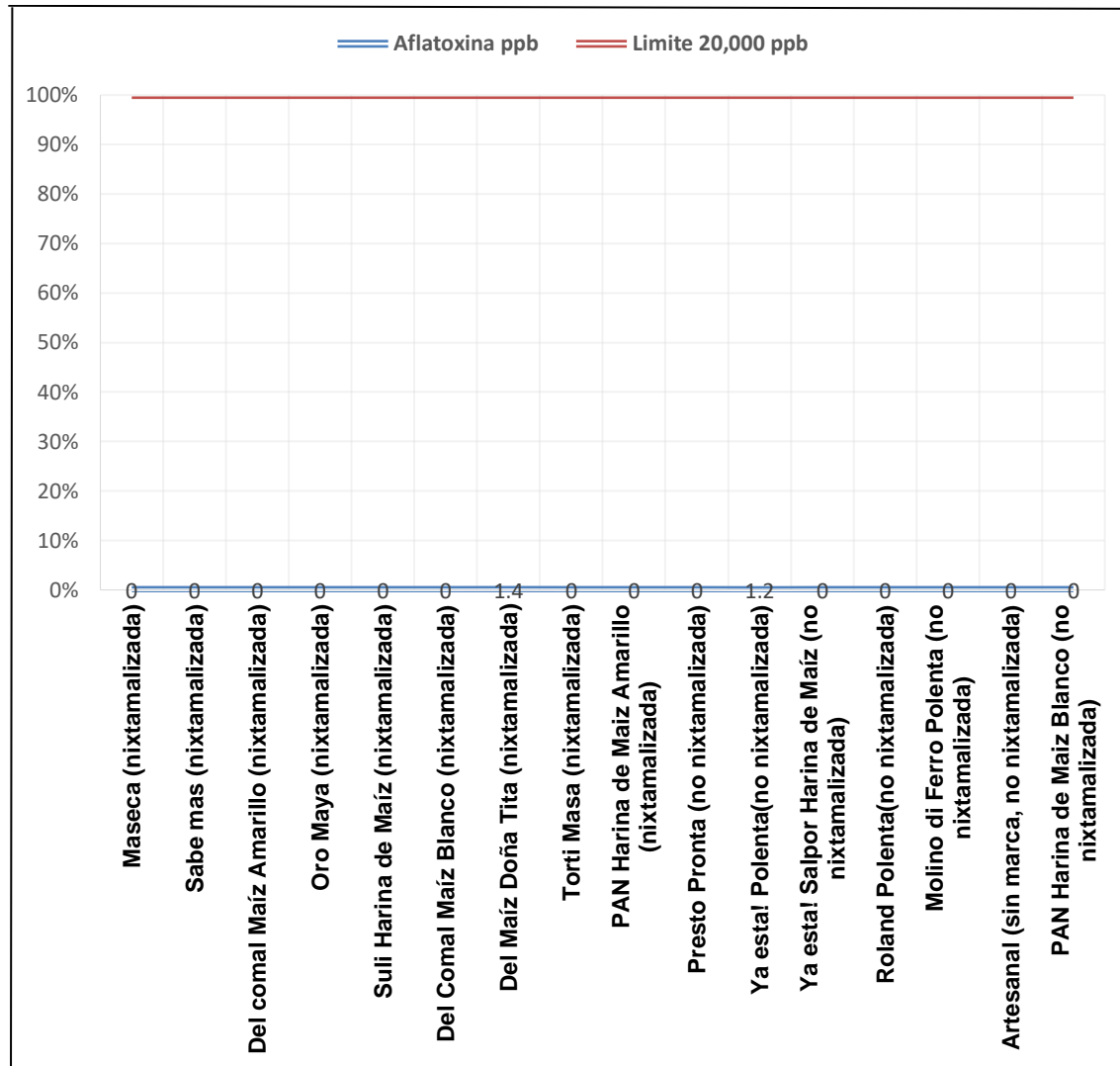
Fuente: elaboración propia, empleando datos del Laboratorio F.Q.B.

3.2 Objetivo 2: comparar los niveles de aflatoxinas en harina de maíz nixtamalizadas con harina de maíz no nixtamalizadas

Es importante comparar los resultados de las harinas de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas, esto principalmente para verificar si hay presencia de aflatoxinas arriba del nivel superior en las harinas donde no ha pasado por el proceso de nixtamalización.

Debido a que se ha creído que el proceso de nixtamalización reduce los niveles presentes de aflatoxinas en el producto, de acuerdo con los resultados obtenidos que se comparan en la siguiente figura.

Figura 3. Comparación de niveles de aflatoxinas en harina de maíz nixtamalizado con harina de maíz no nixtamalizado



Fuente: elaboración propia, empleando datos del Laboratorio F.Q.B.

Como se puede observar en la figura anterior, según los resultados obtenidos las harinas de maíz presentan un nivel debajo del límite superior permitido, el cual es de 20 mg/kg (20,000 ppb). De las 16 muestras analizadas, únicamente 2 muestras presentaron un valor arriba de 0 ppb, las cuales 1 es nixtamalizada y 1 no nixtamalizada.

Por lo tanto, según la comparación realizada, no existe diferencia al realizar el proceso de nixtamalización como prevención de aflatoxinas en el producto.

3.3 Objetivo 3: determinar los niveles seguros de la presencia de aflatoxinas en las harinas de maíz, de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 034-190

De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis de las harinas de maíz, en cuanto al nivel de aflatoxinas, se pudo determinar que todas las marcas que existen en el comercio sí presentan niveles seguros de aflatoxinas, de acuerdo la norma COGUANOR NGO 034-190. A la vez se consultaron otras normativas como el CODEX STAN 193-1995 y el *Reglamento de fortificación con micronutrientes de la harina de maíz nixtamalizada*; las 3 referencias presentan como un nivel seguro un valor menor a 20 mg/kg.

En la siguiente tabla se describen los resultados obtenidos del análisis, indicando si cumple con los niveles de aflatoxinas según la normativa COGUANOR NGO 34-190.

Tabla IV. **Tabla de cumplimiento de niveles seguros de la presencia aflatoxinas en las muestras analizadas**

o.	Marca	Resultado (ppb)	COGUANO R 34-190 Limite 20 mg/kg (20,000 ppb)
1	Maseca	0	Cumple
	Sabe Más	0	Cumple
	del Comal Maíz Amarillo	0	Cumple
	Oro Maya	0	Cumple
	Suli Harina de Maíz	0	Cumple
	Del Comal Maíz Blanco	0	Cumple
	Del Maíz Doña Tita	1 .4	Cumple
	Torti Masa	0	Cumple
	PAN Harina de Maíz Amarillo	0	Cumple
0	Presto Pronta	0	Cumple
1	¡Ya esta! Polenta	1 .2	Cumple
2	¡Ya esta! Salpor Harina de Maíz	0	Cumple
3	Roland Polenta	0	Cumple
4	Molino di Ferro Polenta	0	Cumple
5	Harina de Maíz artesanal (sin marca)	0	Cumple
6	PAN Harina de Maíz Blanco grano entero	0	Cumple

Fuente: elaboración propia, empleando datos del Laboratorio F.Q.B.

3.4 Objetivo 4: proponer recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y asistencias Social para la implementación de la herramienta para el monitoreo

Según los resultados obtenidos todas las marcas presentan cumplimiento de nivel de aflatoxinas según las normativas que se consultaron; aun así es importante continuar verificando el cumplimiento de las mismas.

A continuación, se proponen recomendaciones para la unidad de monitoreo y vigilancia, del Departamento de Regulación y Control de Alimentos.

- Como primer punto se propone el solicitar al Laboratorio Nacional contar con kits de análisis de aflatoxinas. Las cuales, según literatura consultada, la metodología recomendada es ELISA.
- Se propone implementar el análisis de aflatoxinas en la vigilancia y monitoreo, de las harinas de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas, como control preventivo.
- Realizar la toma de muestras, 1 vez cada 3 meses
- Tomar muestras de producto importado en puntos de venta y para producto nacional en puntos de venta y plantas de procesamiento.
- Realizar muestreos tanto en la ciudad de Guatemala como en los departamentos del país.

3.5 Objetivo general: estudiar la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala

Al realizar el estudio sobre la determinación de los niveles de aflatoxinas de diferentes muestras recolectadas de harina de maíz, los resultados obtenidos del presente estudio se utilizan como una herramienta de ayuda, para poder verificar si es o no necesario el poder realizar este tipo de muestreo y realizar de forma periódica la vigilancia y monitoreo de estos productos.

En el estudio se realizaron análisis de laboratorio de aflatoxinas, para cuantificar e identificar los niveles presentes en las marcas de harina de maíz nixtamalizadas y no nixtamalizadas, comercializadas en la ciudad de Guatemala, Guatemala. Por lo mismo, es importante mencionar que este análisis no se realiza en el Departamento de Regulación y Control de Alimentos, como vigilancia en estos tipos de productos. Como parte de los objetivos del presente trabajo de investigación se proponen recomendaciones de implementación de las aflatoxinas como prevención.

El estudio evidenció que del 100 % de las muestras recolectadas cumplen con los niveles permitidos de aflatoxinas en la ciudad de Guatemala, de acuerdo con la normativa COGUANOR NGO 34-190, además de otras normativas consultadas, mencionadas anteriormente.

En efecto, se puede determinar que es importante el análisis de aflatoxinas en las harinas maíz, como control interno y llevar un registro de este tipo de análisis, para dar cumplimiento a las normativas vigentes.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Análisis Interno

El propósito esencial de esta investigación fue, determinar los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala.

Se visitaron 21 puntos de venta dentro del perímetro de la ciudad de Guatemala, Guatemala; para seleccionar diferentes marcas que existen en comercialización. Parte importante del procedimiento del trabajo de investigación requería analizar todas las marcas disponibles en el comercio.

Una de las dificultades del trabajo de investigación fue el laboratorio para analizar las muestras, debido a que se contaba con el Laboratorio Nacional de Salud para poder llevar a cabo el análisis de muestras recolectadas. Al hablar con el personal encargado, indicaron que no contaban con kits para el análisis, por lo que se procedió a buscar un laboratorio privado que estuviera acreditado. Se llevaron al laboratorio 16 muestras recolectadas, 15 muestras con marca y 1 sin marca debido a que era artesanal.

Se seleccionaron 8 harinas de maíz sin el proceso de nixtamalización; este tipo de harinas de maíz tienen otro uso, generalmente para tamales, tacos, o pasteles, entre otras.

Se seleccionaron 8 harinas de maíz nixtamalizadas, estas se recomiendan para la elaboración de tortillas. En la selección de las harinas de maíz, se verificó que presentaran como mínimo 3 meses a su fecha de vencimiento.

En el presente estudio se realizan propuestas para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos sobre la implementación del análisis de aflatoxinas en las harinas de maíz, como control preventivo y poder contar con registros para tener posteriormente más información de dicho producto.

Al analizar los resultados obtenidos podemos observar que el 100% de las muestras recolectadas cumplen con la normativa COGUANOR NGO 34 190. Cabe mencionar que, cada una fue seleccionada por ser harina de maíz exclusivamente, sin tener adicionado ningún otro ingrediente.

Se puede observar que los resultados obtenidos, reflejan el control integrado por parte de la Industria Alimenticia, derivado al control de todas las fases de la inocuidad, desde el campo hasta la mesa.

Sin embargo, 2 marcas indican contener presencia de aflatoxinas en una cantidad de: 1.2 ppb y 1.4 ppb, como se pueden visualizar en las figuras 1 y 2; reflejando que contienen una mínima presencia de aflatoxinas, pudiendo ser una exposición mínima a largo plazo. La exposición crónica a las aflatoxinas a lo largo de la vida puede presentar consecuencias para la salud, como es el cáncer hepático y retraso del crecimiento en los niños.

- Análisis externo

La investigación realizada por Romero (2018) expone que, tenía como objetivo cuantificar las aflatoxinas totales y al tomar 36 muestras de harina de

maíz, a través del método ELISA; determinaron que solo el 92 % de las muestras evaluadas presentaron niveles aceptados de acuerdo con la normativa FDA. Este estudio sirvió para poder conocer que es muy probable que las Industrias que producen harina de maíz, si estén cumpliendo con un programa HACCP en donde estén teniendo como objetivo evitar los peligros biológicos y determinar bien sus puntos críticos de control en la materia prima.

En comparación con el presente estudio, este presentó el 100 % de cumplimiento con los niveles permitidos, según la normativa previamente mencionada.

Según la investigación realizada por Ramos, *et al.*, (2016) indican que, “las aflatoxinas son una amenaza oculta en el maíz; estas toxinas son metabolitos tóxicos provocados por mohos” (p.61). Esta contaminación es más prevalente en el campo durante las diferentes etapas de recolección, almacenamiento inadecuado y tratamiento posterior ineficiente. Por lo que, los investigadores estudio plantean que es de suma importancia el tratamiento de la materia prima como grano de maíz, para la elaboración de la harina de maíz.

El estudio realizado por los investigadores del INCAP, Rivera, *et al.*, (2020) indican que, “se han encontrado contaminación de aflatoxinas en cereales como el maíz” (p. 41). Esta ocupa un rol importante en la alta incidencia de cáncer hepático en Guatemala.

En el presente estudio, se propone a que se siga analizando este tipo de producto para poder prevenir todo tipo de enfermedades.

Si bien es cierto se han encontrado más incidencia de presencia de aflatoxinas en el grano, que, en las harinas de maíz, se debe continuar con todo tipo de prevenciones para evitar este daño en la población guatemalteca.

En una investigación financiada por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (s.f.) que tenía como objetivo conocer si niños menores de 24 meses de ocho municipios con tasas más altas de retardo en crecimiento, estaban expuestos a aflatoxinas. En esta investigación identificaron que los únicos controles de inocuidad en el grano de maíz eran destinados para la industria.

Por lo que la población más expuesta a la contaminación de aflatoxinas puede ser las personas que utilizan este grano de maíz sin tratamiento alguno, utilizado para la elaboración de tortillas para el consumo de las personas en el área rural.

La OMS (2018) en un informe publicado indican que, “para reducir el riesgo de contaminación, se requiere un enfoque integrado que controle las aflatoxinas en todas las fases, desde el campo hasta que llegan a la mesa” (p. 27). Un enfoque de inocuidad, que incluye prácticas de mejoramiento de las plantas de producción, métodos de control biológicos, incluyendo medidas después de la cosecha, almacenamiento adecuado.

La eliminación de las fuentes de contaminación y sobre todo la concienciación general sobre la protección de la población sobre la exposición de estas toxinas, que se ha determinado que son causantes de enfermedades al estar expuesto en concentraciones mínimas diarias a lo largo de la vida; es por eso necesario que los productos presenten resultados en 0 ppb.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron cuáles son los niveles de aflatoxinas en 16 muestras de harinas de maíz, como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala.
2. Se compararon los niveles de aflatoxinas en 8 harinas de maíz nixtamalizadas con 8 harinas de maíz no nixtamalizadas. Y se determinó que no existe diferencia entre las harinas de maíz nixtamalizadas contra las harinas de maíz no nixtamalizadas.
3. Se determinaron los niveles de cada muestra recolectada, según los análisis de laboratorio realizados para la presencia de aflatoxinas en las harinas de maíz de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 034-190. El 100 % de las muestras recolectadas, cumplen con el nivel establecido según la norma de referencia.
4. Se propusieron 5 recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencias Social para la implementación del monitoreo de las harinas de maíz.
5. Se determinaron los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Se debe continuar identificando los niveles de aflatoxinas en las harinas de maíz y en otros alimentos que pueden ser susceptibles al crecimiento de las aflatoxinas. Tales como manís, harinas de diferentes cereales.
2. Realizar la comparación de los niveles de aflatoxinas, tanto en harinas de maíz nixtamalizadas con harinas de maíz no nixtamalizadas, para las industrias alimenticias que procesan dicho producto, realizar constantes análisis tanto de la materia prima, como al producto terminado.
3. Que se realice constantemente el análisis de aflatoxinas y se determinen los niveles seguros de la presencia de aflatoxinas, de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 34-190 y otras normativas vigentes que permitan determinar los niveles seguros de aflatoxinas presentes en los productos.
4. Que se continúen las investigaciones sobre análisis de aflatoxinas a diferentes productos que sean susceptibles y se puedan continuar con las recomendaciones para el mejor control de los alimentos; previniendo a la población de enfermedades de cualquier tipo provocadas por contaminación biológica.
5. Implementación del monitoreo por parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos, para la prevención del consumo de aflatoxinas en la harina de maíz, tanto nixtamalizada como para la no nixtamalizada.

REFERENCIAS

1. Aldrich, S.R., Scott, W.O. y Leng, E.R. (1975). *Modern corn production*. 2nd ed. Champaign, IL. USA: A & L Publication.
2. Andrade, A. R. Galdamez, D. H. y Ramirez-Zea, M. (2020). *Aflatoxina y otros factores de riesgo para cáncer de hígado en Guatemala. Notas Técnicas*. Guatemala: INCAP. Recuperado de <http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones-incap/807-incap-aflatoxinas-y-otros-factores-de-riesgo-para-cancer-de-higado-en-guatemala/file> Guatemala: editorial.
3. Anguiano-Ruvalcaba, G. L., Verver, A., y Guzmán-De Peña, D. (2005). *Inactivación de aflatoxina B1 y aflatoxicol por nixtamalización tradicional del maíz y su regeneración por acidificación de la masa*. México: Salud Pública de México.
4. Frontera Biotecnológica (2021). *Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios Aflatoxinas*. México: Autor. Recuperado de: https://www.who.int/foodsafety/FSDigest_Aflatoxins_SP.pdf?ua=
5. Contreras, T. R., Díaz, L. G., y Reyes, G. R. (2006). *Geografía e historia cultural del maíz palomero toluqueño (Zea mays everta)*. México: CIENCIA ergo-sum.

6. De Freitas Moreira M., *et al.*, (2016). *Occurrence of fungi and aflatoxins B in nuts and products marketed the Brazilian northeastern regions*. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Brasil. Brasil.
7. Fuentes López, Mario Roberto. (2002). *El cultivo del maíz en Guatemala*. Una guía para su manejo agronómico. Guatemala. Editorial Universitaria.
8. Giuseppe C., *et al.*, (2012). *Gestión de calidad del servicio de alimentos y bebidas*. Brasil: Universidad Federal de Paraíba João Pessoa – Brasil.
9. Hernández-Delgado, Sanjuana; Reyes-López, Miguel Ángel; García-Olivares, Jesús Gerardo; Mayek-Perez, Netzahualcoyotl y Reyes Medez, Cesar Augusto. (octubre 2007). Incidencia de Hongos Potencialmente Toxigenos en Maíz (zea Mays L.) Almacenado y Cultivado en el Norte de Tamaulipas, Mexico. *Revista Mexicana de fitopatología* 25 (2) 98-100.
10. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. (s.f.) *Maíz: Incidencia de aflatoxinas y fumonisinas en producciones excedentarias del norte de Guatemala*. Guatemala: Autor.
11. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (2013). *Determinación, Caracterización y Evaluación de Aflatoxinas que influyen en el Retardo de talla*. Guatemala: Autor.

12. Leeson S, Diaz G. y Summers S. (1995). *Poultry Metabolic Disorders and Micotoxins*. Ontario, Canadá: Published by University Book.
13. Lerma, H. (2009). *Metodología de la investigación, propuesta, anteproyecto y proyecto*. (4ª edición). Colombia: Eco.
14. Machado, J. E. O. (2001). *Características físico-mecánicas y análisis de calidad de granos*. (Tesis de grado). Universidad. Nacional de Colombia. Colombia.
15. Mendizábal, JF. (2000). *Detección de aflatoxinas en maíz en silos*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
16. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. (2016). *Perspectiva sobre micotoxinas*. Roma: Autor.
17. Pérez, L. A. B., Díaz, P. O., Acevedo, E. A., Santiago, C. N., y López, O. P. (2002). *Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado*. México: Agro-ciencia.
18. Pérez, Sergio A., Niño, Z. y Cisneros, G. (octubre 2006). SIMPHA: Programa de Simulación para el Proceso de Producción de Aceite de Maíz y Harina de Maíz Precocida. *Información tecnológica*, 17(6), 133-139. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000600020>
19. Pincay, V., y Beneda, F. (2014). *Presencia de aflatoxina total y hongos*

micotoxigénicos en harina de pescado producida en la costa ecuatoriana en los años 2012 y 2013. (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

20. Ripusudan L. y Paliwal, T. (2001). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción.* Italia: Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO.
21. Rivera, A. et al., (2020). *Aflatoxinas y otros factores de riesgo para cáncer de hígado, en Guatemala.* Guatemala. Fondo de Cultura.
22. Sanabria, N., Martínez, T. y López, A. (2017). *Métodos para la determinación de aflatoxinas en alimentos.* Venezuela: Ciencia y Tecnología.
23. Tax Sapón, V. et al., (2019). *Maíz: Incidencia de aflatoxinas y fumonisinas en producciones excedentarias del norte de Guatemala.* Guatemala: USAC.
24. Torres, O., Matute, J. y Rilley, R. T. (2013). *Determinación, caracterización y evaluación de aflatoxinas que influyen en el retardo de talla para edad en niños de Guatemala.* Guatemala: FODECYT.
25. Vásquez, F. M. F. F. (marzo 2016). La prevalencia de *Aspergillus* spp. y aflatoxinas en *Zea mays* L. (maíz) almacenado en silos en Ecuador. *Revista Publicando*, 3(7), 189-202.

26. Yebra Cañardo, C; Herrera Sánchez, M., y Lorán Ayala, S. (s.f.)
*Evaluación de la incidencia de micotoxinas en muestras de maíz
y trigo mediante cromatografía líquida de alta resolución.*
Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza.

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

Estudio para la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el Monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala

Problemas	Objetivos	Preguntas de investigación	Metodología	Conclusiones	Recomendaciones
<p>1.Problema Principal</p> <ul style="list-style-type: none"> No se ha realizado un estudio para la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala. 	<p>2.Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio para la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala. 	<p>3.Pregunta principal de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué se debe de realizar para la determinación de los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala? 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Investigación: Mixta Nivel de Investigación: Descriptiva Transversal Diseño de Investigación: Cuasi-experimental Muestra: 16 muestras de Harina de Maíz nixtamalizada y no nixtamalizada 	<p>Se determinaron los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS, en la ciudad de Guatemala, Guatemala</p>	<ul style="list-style-type: none"> Se sugiere continuar identificando los niveles de aflatoxinas en las harinas de maíz y en otros alimentos que pueden ir susceptibles al crecimiento de las aflatoxinas.

Continuación apéndice 1.

Problemas	Objetivos	Preguntas de investigación	Metodología	Conclusiones	Recomendaciones
	<p>2.Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar cuáles son los niveles de aflatoxinas en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala. Identifica cuáles es la diferencia de niveles de aflatoxinas en harinas de maíz nixtamalizadas con harinas de maíz no nixtamalizadas, en la Ciudad de Guatemala. 	<p>2.Preguntas complementarias de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los niveles en harinas de maíz como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala? ¿Cuál es la diferencia de niveles de aflatoxinas en harinas de maíz nixtamalizadas con harinas de maíz no nixtamalizadas, en la Ciudad de Guatemala? 	<ul style="list-style-type: none"> Técnica: Toma de muestras y trasladarlas al laboratorio para el análisis de aflatoxinas. Instrumento: Análisis de aflatoxinas de laboratorio con el método de ELISA 	<ul style="list-style-type: none"> Se identificaron cuáles son los niveles de aflatoxinas en 16 muestras de harinas de maíz, como una herramienta de ayuda para el monitoreo de parte del Departamento de Regulación y Control de Alimentos del MSPAS en la ciudad de Guatemala, Guatemala. Se compararon los niveles de aflatoxinas en 8 harinas de maíz nixtamalizadas con 8 Harina de maíz no nixtamalizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Se hace necesario continuar comparando los niveles de aflatoxinas, tanto en harinas de maíz nixtamalizadas con harinas de maíz no nixtamalizadas, para las industrias alimenticias que procesan harinas de maíz, realizar constantes análisis tanto de la materia prima, como al producto terminado.

Continuación apéndice 1.

Problemas	Objetivos	Preguntas de investigación	Metodología	Conclusiones	Recomendaciones
<ul style="list-style-type: none"> No se han planteado cuáles son las propuestas de recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para la implementación del monitoreo, en la Ciudad de Guatemala. 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar si los niveles de aflatoxinas en la harina de maíz cumplen con los niveles seguros de acuerdo con la norma COGUANO R NGO 34-190, en la Ciudad de Guatemala. Plantear cuáles son las propuestas de recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 	<ul style="list-style-type: none"> Los niveles de aflatoxinas en la harina de maíz cumplen con los niveles seguros de acuerdo con la norma COGUANO R NGO 34-190, en la Ciudad de Guatemala? ¿Cuáles son las propuestas de recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para la implementación del monitoreo en la Ciudad de 		<ul style="list-style-type: none"> Se determinó que no existe diferencia significativa de las harinas de maíz nixtamalizadas contra las harinas de maíz no nixtamalizadas Se determinaron los niveles de cada muestra recolectada, según los análisis de laboratorio realizados para la presencia de aflatoxinas en las harinas de maíz de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 034-190. El 100% de las muestras recolectadas, cumplen con el nivel establecido según la norma de referencia. Se propusieron 	<ul style="list-style-type: none"> Se sugiere continuar analizando las harinas de maíz, para que constantemente se determinen los niveles seguros de la presencia de aflatoxinas, de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 34-190 y otras normativas vigentes que permitan determinar los niveles seguros de aflatoxinas presentes en los productos. Se hace necesario que se continúen los estudios de análisis a los diferentes productos que sean susceptibles al crecimiento de aflatoxinas y se puedan continuar con las recomendaciones para el mejor

Continuación apéndice 1.

	para la implementación del monitoreo, en la Ciudad de Guatemala.	Guatemala?		5 recomendaciones para el Departamento de Regulación y Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencias Sociales para la implementación del monitoreo de las harinas de maíz.	control de los alimentos y así prevenir a la población de enfermedades de cualquier tipo provocadas por contaminación biológica como lo es las aflatoxinas
--	------------------------------------------------------------------	------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Harina de maíz no nixtamalizada



Fuente: [Fotografía de Silvia Morales]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 3. Harina de maíz nixtamalizada



Fuente: [Fotografía de Silvia Morales]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.