



*Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria*



## **CRIA NORTE**

### **CADENA DE MAÍZ**

**Maíz: Incidencia de aflatoxinas y fumonisinas en producciones excedentarias del norte de Guatemala.**

**Verónica Marcelina Tax Sapón<sup>1</sup>**  
**Myriam Consuelo Escobar Molina<sup>2</sup>**  
**Rodolfo Antonio Rodríguez Menjivar<sup>3</sup>**  
**Carlos Esteban Monzón de Mata<sup>4</sup>**

**San Jerónimo, abril de 2019**

---

<sup>1</sup> Investigadora Principal

<sup>2</sup> Investigadora Asociada

<sup>3</sup> Investigador Auxiliar

<sup>4</sup> Investigador Asociado, participo solo fase de planificación



Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de sus autores y de la institución a la que pertenece. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza que no se menciona.

## Siglas y acrónimos

COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
IARC	Agencia Internacional de Investigación en Cáncer
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
INCAP	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
INE	Instituto Nacional de Estadística
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
OMS	Organización Mundial de la Salud
PMA	Programa Mundial De Alimentos

## Contenido

Resumen.....	5
Abstract.....	6
1. Introducción .....	7
2. Marco teórico .....	9
2.1. Principales géneros de hongos que producen micotoxinas .....	9
2.1.1. Fusarium:.....	9
<b>2.1.2. Aspergillus</b> .....	10
2.2. Principales Micotoxinas en maíz .....	11
<b>2.2.1. Fumonisin</b> as .....	12
<b>2.2.2. Aflatoxinas</b> .....	12
3. Objetivos .....	13
4. Hipótesis de trabajo .....	13
5. Metodología .....	13
7.1 Localidad y época:.....	14
7.2 Diseño del estudio .....	14
7.3 Unidades de análisis .....	15
7.4 Tipos de muestreo .....	15
7.5 Tamaño de la muestra.....	15
7.6 Variables .....	16
7.7 Herramientas utilizadas para la recolección de información.....	16
7.8 Conducción del estudio .....	16
8 Resultados .....	19
9.1 Caracterización de agricultores y de la finca. ....	20
9.2 Características de los sistemas de producción .....	24
9.3 Características de las actividades de cosecha pos cosecha y almacenamiento .....	29
9.4 Características de calidad física del grano .....	34
10 Conclusiones .....	42
11 Recomendaciones.....	43
12 Literatura citada.....	44
13 Anexos .....	47

## Resumen

Las aflatoxinas y fumonisinas son las micotoxinas que se presentan con mayor frecuencia en el maíz. Su desarrollo depende de factores ambientales, de las prácticas pos cosecha y de los sistemas de almacenamiento. Es importante identificar la incidencia y las condiciones que contribuyen a la presencia debido a que son considerados carcinógenos humanos. El objetivo del presente estudio fue identificar la incidencia de aflatoxinas y fumonisinas y realizar una caracterización de las prácticas de cosecha, pos cosecha y almacenamiento del maíz. La zona de estudio fue los siete municipios que integran la agrocadena de maíz en la región norte. El abordaje del estudio fue un estudio mixto concurrente en donde se obtuvieron datos cualitativos y cuantitativos al mismo tiempo. Se utilizó las muestras no probabilistas y los métodos de muestreo fueron en redes, por conveniencia y por oportunidad. En total se entrevistaron 89 agricultores y se recolectaron 100 muestras de maíz (50 en cada época de cosecha). Las variables analizadas se agruparon en calidad de grano, características del agricultor, del sistema de producción, de las prácticas de cosecha, pos cosecha y sistemas de almacenamiento. Entre los principales resultados se puede identificar que la calidad física del grano no es apta para la comercialización y el consumo según la Norma COGUANOR 34 047. El nivel de Aflatoxinas y Fumonisinias para la primera cosecha en época seca no superó los niveles permitidos, sin embargo, para la época de lluvia los niveles reportados sobrepasaron los permitidos. Los agricultores entrevistados no tienen prácticas adecuadas para de control de humedad de almacenamiento. Además los sistemas de almacenamiento identificados no son adecuados para preservar la calidad del grano, ya que permiten el ataque de plagas (51% de muestras presentaron daños por gorgojo *Sitophilus zeamais*), el desarrollo de hongos micotoxicos, ya que no son herméticos y no permite el control de humedad. Por lo tanto, es importante realizar estudios en fases anteriores al almacenamiento para identificar cuando ocurre la inoculación de los hongos, además, sobre métodos de control del gorgojo.

## Abstract

The Aflatoxins and fumonisins are the most common toxins in storage corn, it is important to know their presence because are known as a human carcinogen toxin, their development it's based on environment, post-harvest practices and storage systems, these factors were characterized to detect conditions that increase toxins levels in storage corn produced in 7 regions that conforms the agro chain of north Guatemala, the complete mixed data of the study is based on non-probabilistic samples conducted by networks, convenience and opportunity systems, where 89 farmers were interviewed and 100 storage-corn samples were collected (a half in the dry season and the other half in the rainy season). The variables were grouped in grain quality, farmer's live conditions, characteristics production, post-harvest and storage systems. Based on the COGUANOR of grain quality norm 34-047, the corn is not acceptable for merchandising, in addition for dry season the levels of Aflatoxins and fumonisins were under the permissible COGUANOR and OMS respectively levels, in contrast, of the rainy season that the levels were higher than the permissible level. Also the farmers interviewed don't have a practice for the correct drying of the grain although the humidity for the storage is not the adequate. In addition the corn storage systems detected are not appropriate to preserve the grain and allows the increasing of storage plagues (51% of the samples presented damages by corn weevil- *Sitophilus zeamais*) and mycotoxic fungi producers organisms, because with no hermetic systems doesn't bring control of humidity and temperature. Therefore the toxins are present in the storage grain so it is important to study other previous phases of corn production to identify when the inoculation of toxins are made and to control the conditions that improve the increasing of corn weevil.

## 1. Introducción

El maíz es un cultivo de importancia económica, alimenticia y cultural en Guatemala, principalmente en las regiones rurales en donde es la base de la alimentación familiar. El maíz se cultiva a nivel nacional con fines de autoconsumo y comercialización. Sin embargo, es en las zonas del trópico bajo donde la producción genera excedentes para la comercialización (Torres 2013).

En los últimos años la producción se ha incrementado, para el año 2012 la FAO reportó una producción total de 1, 723,465 toneladas en un área cosechada de 846,992 ha; en el año 2013 la producción se incrementó a 1, 795,160 toneladas en un área cosechada a 861,948 ha y en el 2014, último año con reporte, la producción se incrementó a 1, 847,214 toneladas en 871,593 has cosechadas (FAOSTAT 2017).

En cuanto al sistema de producción, en el 2013 la encuesta nacional agropecuaria reportó que el 66% de la producción se realizó en condiciones de monocultivo y solo el 34% se sembró en asocio con frijol (INE 2013).

A pesar del incremento en la producción, el aumento de las importaciones del maíz amarillo ha generado una disminución en su cultivo, es así como en el periodo de 2015/2016 el 89.97% de la producción nacional lo represento el maíz de color blanco. Este generalmente es utilizado para el consumo interno, de ahí la importancia de su cultivo. Los departamentos con mayor producción son Petén, Alta Verapaz y Jutiapa quienes representan el 35% de la producción nacional (MAGA 2016).

El consumo de maíz blanco se mantiene en equilibrio con la producción, es así como para el año 2015 el índice de autosuficiencia fue de 98.3% y para el 2016/2017 el índice fue de 97.67% (MAGA 2016) y (MAGA, s.f.). Una persona en promedio consume 115 kg al año, sin embargo, esta tasa de consumo es diferencia entre la zona rural y la zona urbana (Torres 2013 y MAGA 2016). En la zona rural un hombre puede consumir en tortillas 1,060 g/día, una mujer 768 g/día y un niño menor a cinco años entre 120 – 200 g/día (Bressani 1990 citado por Torres *et al.* 2000). Esto indica que el maíz representa una fuente de energía importante en la dieta alimenticia de la población.

En cuanto a la calidad del grano, se ha identificado que los únicos controles de calidad se realizan para el maíz destinado a la industrialización (Torres 2013). Es así como la carencia de estos controles para el maíz de consumo, aumenta el riesgo de consumir maíz contaminado por micotoxinas.

Las micotoxinas son los contaminantes con mayor incidencia en grano, son compuestos químicos producidos por hongos filamentosos como los del género *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Entre las más conocidas están las aflatoxinas B<sub>1</sub> y M<sub>1</sub>, acrotoxina A, fumonisina B<sub>1</sub>, desoxinivalenol y Patulina (Castillo y Durán 2006, Hernández *et al.* 2007). Sin embargo, en el maíz las micotoxinas que se reportan son las aflatoxinas, fumonisinas, tricoteceno,



toxinas T2, deoxynivalenol, ochratoxinas, citrinina, esterigmatocistina, patulina y zearelonona, sobresaliendo las aflatoxinas y fumonisinas por su frecuencia y toxicidad (Payne 1998, Mazzani *et al.* 1999 y Mazzani *et al.* 2001 citado por Chavarri *et al.* 2009).

Con respecto a las fumonisinas existen 15 tipos, pero las más conocidas son las FB1, FB2 y FB3, sobresaliendo la FB1 por ser la de mayor toxicidad y porque representa el 70% del total de fumonisinas. Estas mico toxinas fueron descritas por primera vez en Sudáfrica en 1968 pero fue hasta 1993 que fueron catalogadas como carcinógenos humanos por la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer -IARC- (Torres y López 2010). Por ejemplo, en la zona de Transkei, África Austral y China se ha reportado casos de habitantes con cáncer en el esófago, daños hepáticos o renales relacionado con la presencia de fumonisinas en el maíz (FAO 2003 citado por Martínez *et al.* 2010).

Por su parte, las aflatoxinas son las micotoxinas más conocidas y estudiadas, ya que se encuentran en una diversidad de alimentos ya sea como materias primas o en productos procesados. Las aflatoxinas más peligrosas son la B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub>, siendo la B<sub>1</sub> la más tóxica y la que alcanza niveles máximos. En Europa los niveles máximos permitidos para estas toxinas en cereales y frutos secos son de 2µg/kg para FB<sub>1</sub> y de 4µg/kg para el total de aflatoxinas. Un incremento en estos niveles puede provocar aflatoxicosis aguda, así también está asociado a diversos cánceres del hígado y retardo en talla de niños (IARC 2015).

En Guatemala se han realizado pocos estudios para la identificación de mico toxinas y menos aún para asociar la exposición a problemas de salud como se ha reportado en otros países. El primer estudio se realizó en 1994 por el INCAP en donde se identificó niveles normales a elevados de fumonisinas en muestras de maíz provenientes de los 22 departamentos, maíz importado y almacenado. Seguidamente en los años de 1995 al 1997 se realizó un estudio para identificar la presencia de fumonisinas en tortillas y nixtamal en dos comunidades del altiplano, este estudio determinó niveles altos de fumonisinas FB<sub>1</sub> y su derivado hidrolizado AP<sub>1</sub> (Torres 2000). En el año 2013 se evaluaron 640 muestras de maíz recolectados en mercados de los 22 departamentos en donde se identificó niveles altos de aflatoxinas, los cuales superan los niveles aprobados para el consumo humano (20ppb según COGUANOR) (Torres 2013).

Debido a la importancia que representa el maíz en Guatemala principalmente por ser la base de la alimentación es de mucha relevancia invertir recursos y esfuerzos para generar información que permita conocer la problemática a detalle, implementar acciones que permitan prevenir, reducir y controlar los niveles de este tipo de micotoxinas.

El propósito de este estudio fue obtener información sobre los niveles de aflatoxinas y fumonisinas, además de conocer las condiciones de cosecha, pos cosecha y almacenamiento de maíz de los productores excedentarios de los siete municipios que integran la agrocadena del maíz en la región norte del Guatemala. La información se obtuvo a través de entrevistas

a productores, obtención de muestras de maíz durante las dos épocas de cosecha y en almacenamiento para la identificación de micotoxinas en laboratorio.

Esta investigación buscó responder a preguntas como ¿Cuáles son los niveles de presencia de aflatoxinas y fumonisinas en maíz?, ¿Cuál es el lugar donde se genera la contaminación de estas micotoxinas? ¿Cuáles son las variedades o híbridos de maíz que más se cultivan en la región? ¿Las actividades de cosecha y pos cosecha son las adecuadas para evitar la contaminación y la proliferación de las micotoxinas? ¿Cómo las condiciones e instalaciones de almacenamiento pueden estimular la proliferación de las micotoxinas?

La información generada es fundamental para conducir investigación aplicada por el programa de maíz y las disciplinas de apoyo para generar tecnologías que reduzcan la incidencia de micotoxinas accesibles para los productores. Además, puede orientar a investigaciones que relacionen la presencia y el consumo con problemas en la salud.

La región norte de Guatemala se encuentra conformada por los departamentos de Petén, Alta Verapaz y parte norte de Quiche, son las áreas productoras de maíz en donde se generan excedentes para la venta en el interior del país (Torres 2013). El Programa Consorcios Regionales De Investigación Agropecuaria [CRIA] definió su ámbito de acción a siete municipios que conforman la Agrocadena del maíz en la región Norte. Estos municipios son Ixcán del departamento de Quiche, Fray Bartolomé de las Casas, Chisec, San Pedro Carcha, Cobán, Santa Catarina La Tinta y Panzós del departamento de Alta Verapaz.

Las condiciones ambientales en esta región son cálidas y húmedas, de acuerdo a la clasificación de Thorntwaite, las zonas climáticas son las denominadas planicies del norte y la franja transversal del norte. Estas zonas se caracterizan por tener alta precipitación durante todo el año y con temperatura que oscilan entre 20 a 30 °C (INSIVUMEH 2017). Estas condiciones ambientales aunadas a un mal manejo de pos cosecha y de almacenamiento, periodos de estrés por sequía o excesos de lluvias favorecen el desarrollo de las micotoxinas (Torres 2013).

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Principales géneros de hongos que producen micotoxinas**

#### **2.1.1. Fusarium:**

*Fusarium verticillioides* es el principal patógeno fúngico que afecta la producción de maíz a nivel mundial. La fumonisinas son las principales toxinas producida por éste patógeno, ya que sus genes conforman el locus FUM en el cromosoma 1 de *F. verticillioides* el cual codifica las enzimas responsables de la síntesis. Sin embargo, la cantidad de fumonisinas producida es altamente variable entre cepas del hongo.

De la Torre *et al.* establecen que:

*La regulación de la síntesis es muy compleja y depende de factores ambientales y nutricionales, así como de múltiples vías de señalización que ejercen tanto regulación positiva como negativa. Las fumonisinas son consideradas factores de virulencia, ya que su producción se asocia con una mayor capacidad de infección de F. verticillioides en plántulas de maíz. (2014, p.77).*

Se han identificado tres rutas de infección del *fusarium* en el maíz las cuales no son excluyentes ya que en campo las plantas pueden presentar más de una ruta. Estas son la infección sistémica de las plantas, la infección de la mazorca por medio del estigma y la infección de la mazorca y el tallo por daño mecánico (de la Torre *et al.* 2014).

La infección sistémica se da durante la germinación cuando la semilla está infectada, el inoculo penetra directamente al pericarpio y a las células de la epidermis de la raíz (Murrillo y Cavallarin 1999). Los síntomas de este tipo de infección pueden ser muy variable, desde presentar plantas asintomáticas hasta niveles altos de podredumbre y marchitamiento, sin embargo, se ha determinado que la infección sistémica asintomática se caracteriza por infección de ciertos tejidos, crecimiento intercelular de pocas hifas y la reproducción del hongo en pocas células sin invadir a otras (Oren, Ezrati, Cohen, y Sharon 2003)

La infección por medio del estigma se da cuando por causa del viento o lluvia el inoculo aereo y las conidias se depositan en el estigma del maíz. Cuando el hongo se encuentra en el estigma, este entra al grano por una canal estilar y se expande extracelularmente sobre el nucleo y al pericarpio, en donde las hifas se propagan de celula en celula (Duncan y Howard 2010)

El daño mecánico que provocan ciertos insectos plagas en el maíz generan condiciones adecuadas para que las conidias de *F.verticillioides* entren a la planta. Asimismo, hay plagas que fungen como vectores al dispersar el hongo a través de la superficie de la planta como el gusano barrenador y también lo pueden transportar a grandes distancias como lo hace el gusano del maíz (de la Torre 2014).

### **2.1.2. Aspergillus**

Junto con el género *Fusarium* y *Penicilium*, el género *Aspergillum* pertenece a los hongos que generalmente atacan al maíz, y a su vez producen mico toxinas.

Klich (2013) citado por Martínez, Hernández, Reyes y Vázquez (2013), establecen que la mayoría de los hongos *Aspergillum*, son hongos filamentosos saprófitos, que tienen una gran importancia ecológica en la degradación de materia orgánica. Habita en el suelo y se encuentran en cualquier ambiente, se reproduce por conidios que luego de la germinación pasan a ser hifas. Para su desarrollo requiere de una humedad relativa entre 70% a 90%,

además de un contenido de humedad en semilla entre 15% y 20%, y un rango de temperatura bastante alto.

La producción de las Aflatoxinas (AF), es una de las peculiaridades de este hongo, Martínez *et al* (2013) indica que:

*...hay alrededor de 20 diferentes tipos de AF, las más importantes por su alto potencial cancerígeno, mutágeno y teratógeno son: B1 (AFB1), B2 (AFB2), G1 (AFG1), G2 (AFG2), M1 (AFM1), M2 (AFM2), P1 (AFP1), Q1 (AFQ1) y D (AFD), éste último derivado del tratamiento de la AFB1 con amonio. Hongos del género **Aspergillus** también inhiben la germinación de la semilla y producen cambios de color, temperatura (calentamiento), enmohecimiento, 'apelmazamiento' y pudrición. (p.128)*

## **2.2. Principales Micotoxinas en maíz**

Las micotoxinas son los contaminantes naturales de los alimentos más extendidos a nivel mundial. Son compuestos químicos orgánicos producidos por hongos filamentosos bajo condiciones de temperatura, humedad y un sustrato adecuado (Castillo y Durán 2006). La incidencia de éstos en productos agrícolas aumenta la preocupación de que animales y humanos la consuman ya que se ha identificado que poseen efectos cancerígenos, oncogénicos, teratogénicos, embriotóxicos, hepatotóxicos y afectan el sistema hormonal, respiratorio e inmonológico (Vega 2012). Es por ello que se ha desarrollado investigación para identificar el metabolismo de las toxinas, el modo de acción, los efectos que estos puedan tener a la salud humana, así como el desarrollo de métodos para su detección y cuantificación (De la Torre *et al.* 2014).

Ambientes con temperaturas cálidas y con altos contenidos de humedad son propicios para la producción de toxinas, esto generalmente sucede cuando las plantas se encuentran en condiciones de estrés durante el cultivo y cuando las condiciones de almacenamiento son inadecuadas (Castillo y Durán 2006). Sin embargo, los estudios realizados aún no logran determinar cuáles son los factores responsables de la producción de toxinas ya que se ha observado que sepa en las mismas condiciones no producen estas toxinas (Moss 1987 citado por Castillo y Durán 2006).

Sin embargo, la presencia de hongos potencialmente micotoxígenicos no indica que el sustrato esté contaminado con micotoxinas. Los requerimientos fisiológicos y nutricionales relacionados a la producción, son por lo general mucho más específicos que aquellos relacionados con el crecimiento del hongo. Además, en muchas especies no todos los individuos son capaces de producir toxinas, la temperatura, la humedad y la actividad de diferentes insectos son factores ambientales que pueden favorecer la diseminación y crecimiento del hongo y la producción de toxinas. Los hongos productores de toxinas pueden crecer de forma general en rangos entre -3 y 40 °C, en un amplio intervalo de pH,

normalmente entre 3 y 8, aunque habitualmente tienen su óptimo cercano a 5 y por encima de 0.77-0.99 de actividad de agua (Vega 2012).

### **2.2.1. Fumonisinias**

En 1998, un conjunto de investigadores sudafricanos, extrajeron, aislaron y purificaron las fumonisinias provenientes de cultivos de *F. verticillioides*, esto como parte de la búsqueda del agente causal de la leucoencefalomalacia equina, que era atribuida al consumo de granos enmohecidos de maíz. En ese mismo año se dilucidó la estructura química de esa sustancia, y hasta este momento se han descrito alrededor de 60 moléculas diferentes (de la Torre *et al.* 2014).

Entre las más importantes se encuentran las fumonisinias B1, B2 y B3 debido a que causan serias enfermedades en los humanos (Castillo y Durán 2006). de la Torre *et al.* (2014), afirma que “*la B1 es la más estudiada debido a que conforma el 75% del total de Fumonisinias*” (p. 80).

El pH influye en la síntesis de fumonisinias, hay una marcada producción de la toxina en pH ácido (4.5). Además, el contenido de nitrógeno influye en la síntesis de fumonisinias, ya que el amonio reprime la producción de la toxina. Asimismo, cuando hay una baja relación de C: N se suprime la síntesis. Por otro lado, el tipo de carbohidrato presente también influye en la cantidad de producción de la toxina, cuando el hongo crece en amilo pectina o dextrina sus concentraciones aumentan en comparación cuando crece en amilasa en donde se reduce la concentración (de la Torre *et al.* 2014).

### **2.2.2. Aflatoxinas**

Son las toxinas más estudiadas y a las que se les atribuye mayor efecto en la salud humana debido a que son las sustancias carcinogénicas más potentes hasta ahora conocidas (Vega 2012). Son producidas por los hongos del genero *Aspergillus*, entre ellas *A. flavus* y *A. parasiticus* quienes producen principalmente cuatro tipos de toxinas que son la B1, B2, G1 y G2. Sin embargo, la más agresiva en cuanto a sus efectos es la B1 (Torres 2013)

Ortiz (1992) citado por Vega (2012), afirma que:

*Al ingerir alimentos con aflatoxinas, éstas son absorbidas en la mucosa intestinal y pasan al torrente circulatorio, a través del cual llegan al hígado, riñones, canales biliares y sistema nervioso, donde se acumulan. En los animales se evidencia daño en el hígado y en la disminución de la transformación del alimento en carne, huevo o leche. (p. 11)*

En campo, la producción de aflatoxinas se incrementa con el estrés hídrico, las altas temperaturas y los daños a la planta hospedante producidos por insectos de la mazorca.

Aunado a lo anterior, la incidencia se ve favorecida por el ataque de plagas insectiles que se desarrollan bajo condiciones específicas como la fecha de siembra, altas densidades de siembra y alta incidencia de malezas. En almacén, las condiciones de alta temperatura y humedad, aireación e inóculo primario proveniente del campo también son determinantes en el incremento de la síntesis en el grano de maíz (Martínez *et al.* 2013).

Respecto a los factores que condicionan la presencia de aflatoxinas, Vega (2012), determinó que:

*La sola presencia del hongo no implica la presencia de aflatoxinas o que las mismas vayan a producirse. Bajo condiciones óptimas para el desarrollo de los hongos, la producción puede ser alta a las 24 horas. El máximo se alcanza a los 7 a 10 días y posteriormente el nivel fluctúa con el tiempo, pero bajo condiciones en que normalmente se manejan los productos agrícolas, las mismas son muy estables, resistiendo las temperaturas de elaboración de alimentos. (p. 23)*

### **3. Objetivos**

#### **Objetivo general:**

Obtener información de la presencia de micotoxinas y las condiciones de cultivo y almacenamiento del maíz en los municipios que integran la Agrocadena en la región norte de Guatemala.

#### **Específicos:**

- Identificar la incidencia de aflatoxinas y fumonisinas en condiciones de almacenamiento con agricultores de los siete municipios.
- Caracterizar condiciones de cosecha, pos cosecha y almacenamiento del maíz que tengan relación con el desarrollo de mico toxinas.
- Relacionar las condiciones ambientales con el desarrollo de mico toxinas.

### **4. Hipótesis de trabajo**

H1: El desarrollo de mico toxinas se da en condiciones de almacenamiento.

H2: Las condiciones del almacenamiento son óptimas para el desarrollo de las micotoxinas.

H3: Las prácticas de cosecha y pos cosecha crean condiciones favorables para el desarrollo de mico toxinas.

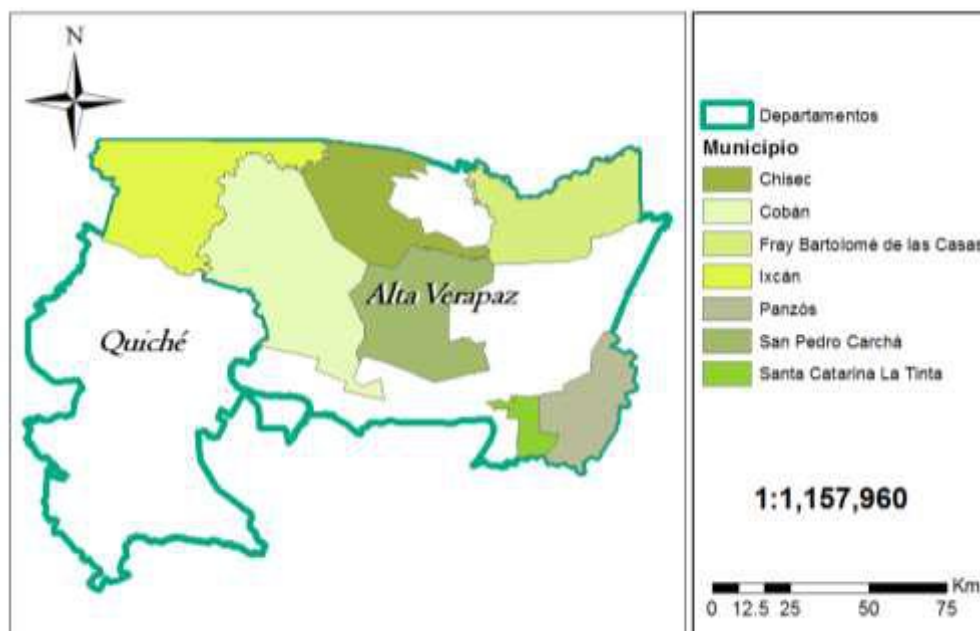
### **5. Metodología**

El enfoque de la investigación se basó en un modelo de investigación mixta concurrente donde se involucra la toma de datos cualitativos y cuantitativos en el mismo espacio de tiempo. Este tipo de enfoque permite tener una visión profunda y amplia de la situación a

investigar. Al obtener más datos y variados permiten apoyar con mayor validez las hipótesis que se plantean (Hernandez *et al.*, 2014). Para este estudio la parte cuantitativa correspondió a la recolección de muestras de maíz para el análisis de aflatoxinas y fumonisinas en el laboratorio, así como variables de calidad de grano. La parte cualitativa se definió por la caracterización de las prácticas de cosecha, pos cosecha y el almacenamiento, lo que permitió la comprensión de los sistemas de producción y explicar las relaciones que existen entre las variables cualitativas y cuantitativas.

### 7.1 Localidad y época:

El estudio estuvo dirigido a los siete municipios de Panzós, Santa Catalina La Tinta, Cobán, San Pedro Carchá, Chisec, Fray Bartolomé De Las Casas y Playa Grande Ixcán, los cuales están priorizados por la Agrocadena del maíz en la región Norte del Proyecto CRIA. El proyecto se escribió y aprobó en julio del 2017, se inició la ejecución con la actividad de inmersión inicial en el mes de octubre del 2017 y la recolección de información se realizó en los meses de mayo, junio, julio, octubre y noviembre del 2018.



*Figura 1: Municipios que integran la agrocadena de maíz en la región norte.*

### 7.2 Diseño del estudio

El abordaje se realizó a través de un estudio de investigación-acción el cual se enmarca en el quehacer de la disciplina de socio economía rural en el sistema tecnológico del ICTA. Este tipo de abordaje tiene tres fases esenciales: observación (construir bosquejos y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (implementar mejoras) (Hernandez *et al.* 2014). En este sentido, el alcance de este estudio fue desde la observación hasta el análisis e interpretación de la información.

### 7.3 Unidades de análisis

Hernández *et al.* (2014), sugiere que la unidad de muestreo en la investigación cualitativa es todo aquel sujeto u objeto sobre el cual se recolecta datos sin que estos sean representativos de la población en general. Las unidades de muestreo sobre los que se obtuvo información fueron los siguientes:

- **Agricultores:** personas que se dedican al cultivo de maíz ya sea en pequeñas, medianas o grandes extensiones para la venta o consumo.
- **Prácticas:** se refiere al conjunto de actividades que los productores realizan en la cosecha y pos cosecha.
- **Condiciones de almacenamiento:** se refiere a los diferentes sistemas de almacenamiento (instalaciones y unidades) de maíz que se ubiquen los agricultores.
- **Muestra de maíz:** consistió de una muestra compuesta de cuatro libras de maíz obtenida de los sistemas de almacenamiento utilizado por los agricultores.

### 7.4 Tipos de muestreo

Debido a que la investigación es de tipo exploratoria no busca la generalización en términos de probabilidad. Es por ello que se utilizó el muestreo no probabilístico o dirigido a un grupo específico. En este caso, el objetivo son los productores de maíz ubicados en los municipios que integran la agrocadena. Para la selección de las personas a entrevistar y a obtener las muestras se utilizó los siguientes tipos de muestreo:

- Muestra de participantes voluntarios:** agricultores participantes de organizaciones de productores de maíz y que son invitados a participar como parte del proceso de investigación.
- Muestra en cadena o redes:** se identificó a un actor clave y se le preguntó si puede referir a otros productores que pueden aportar información al estudio.
- Por oportunidad:** se utilizó cuando de forma fortuita se identificaba agricultores que pudieran dar información relevante para el estudio.
- Por conveniencia:** se utilizó en donde el acceso de los ambientes o a las personas fue difícil con los demás tipos de muestreo. Este tipo de muestreo consiste en obtener información de los ambientes en donde se tenga acceso y que proporcione información relevante a los objetivos de la investigación.

### 7.5 Tamaño de la muestra

En la actividad de inmersión inicial se visitó y contactó con organizaciones que trabajan con productores y con asociaciones de productores de maíz en la zona de estudio. Esta actividad permitió identificar el número de agricultores agrupados y fue la base para el cálculo de la muestra. La población encontrada fue de 1471 agricultores agrupados en diferentes asociaciones. Para el cálculo de la muestra se utilizó la fórmula para poblaciones finitas y se utilizó un 10% de error máximo de estimación y un 95% de confianza. El tamaño de la



muestra fue de 90 entrevistas a agricultores en los siete municipios, por lo que se distribuyó la cantidad de forma uniforme entre los municipios dando como resultado 13 entrevistas para cada uno.

## 7.6 Variables

- **Características del agricultor:** para caracterizar al tipo de agricultor se obtuvo información sobre el género, participación en organizaciones, escolaridad, capacitación y grupo étnico.
- **Prácticas:** tipo de semilla, rendimiento, área cultivada, plagas, enfermedades, doblado de planta, ciclo de cultivo al año, control de humedad de cosecha, época de cosecha, método de cosecha, método de desgrane, secado de grano, limpieza y ventilado
- **Condiciones de almacenamiento:** control de humedad, unidad, instalaciones y plagas.

## 7.7 Herramientas utilizadas para la recolección de información

El investigador es el principal instrumento de recolección de información, ya que es el encargado de realizar las observaciones, recolectar los datos, analizar e interpretar la información obtenida en campo (Hernández *et al.* 2014). Las herramientas utilizadas para recabar la información fueron las siguientes:

- **Caladores de granos:** para obtener la muestra de maíz en sistemas de almacenamiento en grano (silo, costales y toneles).
- **Observaciones:** se realizó en los sistemas de almacenamiento de los productores campos de cultivos de los productores. Los datos obtenidos se registraron en anotaciones de campo.
- **Entrevista semi-estructurada:** consistió en una guía de preguntas que estaban enfocadas de acuerdo a los aspectos a investigar
- **Grabadoras de voz:** se grabaron la entrevista realizada para cada agricultor con el objetivo de contar con información a detalle para comprender el contexto del agricultor.
- **Fotografías:** se tomaron fotografías al momento de realizar las entrevistas y de los sistemas de almacenamientos.
- **Probador de Humedad AGRATOMIX:** para determinar el grado de humedad de los granos encontrados en los diferentes tipos de almacenamiento.

## 7.8 Conducción del estudio

- **Fase 1: Elaboración del protocolo de investigación y aprobación**

Consistió en escribir la propuesta de investigación, en donde se describe la problemática a resolver, los objetivos que se persiguen, la identificación de las localidades y la metodología a emplear. Posteriormente, se envió el documento al director técnico para la evaluación y aprobación institucional. Seguidamente se realizó la presentación al comité técnico del Programa CRIA para la aprobación final del proyecto.

- **Fase II: Preparación de las herramientas para la recolección de información.**

En esta fase se preparó la guía de preguntas el cual se hizo apoyado a revisión de literatura sobre los factores y condiciones que influyen en el desarrollo de las micotoxinas. La guía de preguntas fue validada por investigadores del programa de maíz y de la disciplina de validación para identificar la pertinencia de las variables y de las preguntas. Seguidamente, se ingresó la guía en la aplicación para celulares KoboToolbox, con el fin de facilitar su manejo durante la entrevista.

### **Fase III: Validación de la boleta y recolección de información**

- a) **Validación de la boleta de entrevista:** esta actividad se desarrolló en el municipio de Panzós. La cual consistió en entrevistar a seis agricultores con la boleta que se elaboró previamente en oficina. Se remarcó las preguntas que para los agricultores eran difíciles de interpretar o preguntas a las cuales los agricultores por su contexto no tenían respuesta. Con las observaciones obtenidas se realizaron las modificaciones correspondientes para continuar con la actividad de entrevistas.
- b) **Capacitación sobre el manejo de la caja azul:** está actividad fue impartida por el coordinador del Programa Mundial de Alimentos –Rony Suchini- en la cual explicó la metodología para realizar el muestreo de granos y los parámetros a medir para identificar la calidad del grano.
- c) **Entrevista a agricultores productores de maíz:** en cada municipio se le informó a los agricultores sobre la visita a sus hogares a través de los extensionistas responsables de cada comunidad. Para los municipios de Panzós y Santa Catalina La Tinta se coordinó con extensionistas del PMA, en los municipios de Cobán y San Pedro Carchá con Helps International; en Chisec con el representante de la Organización Maya Kutan; y en los municipios de Ixcán y Fray por los investigadores de ICTA.

Al llegar a la casa de cada agricultor se realizó una pequeña presentación de las personas que acompañan y de las instituciones para las que trabajan. Asimismo, se les informó acerca del proyecto CRIA y principalmente del proyecto de investigación (objetivo del estudio, la importancia de la información que como agricultor pueden ofrecer y finalmente sobre el uso de la información recolectada).

La estructura de la entrevista se realizó primero preguntando información agro socioeconómica del agricultor, luego información sobre las características de sus sistemas de producción, seguidamente el manejo agronómico del cultivo, las actividades de cosecha y pos cosecha y las condiciones de almacenamiento. Si bien, la información de mayor relevancia para la investigación son el manejo de la cosecha, las actividades de pos cosecha y almacenamiento, es importante conocer el contexto de los agricultores y de sus sistemas productivos para comprender el por qué de sus actividades.

Es importante mencionar el apoyo de los extensionistas del programa PMA y Helps International en la traducción al idioma Qeqchí de la entrevista a los agricultores que no hablan español en los municipios de Santa Catarina La Tinta, San Pedro Carchá, Cobán y Fray Bartolomé De Las Casas.

- d) **Obtención de las muestras de maíz:** Las muestras de maíz se obtuvieron de los lugares de almacenamiento encontrados en las casas de los agricultores. En sistemas de almacenamiento de silos, costales y toneles se obtuvo una muestra compuesta a través de calador de granos. Para los sistemas de almacenamiento con tuza o en mazorca, fue necesario seleccionar las mazorcas, desgranarlas para obtener la muestra. Posterior a obtener la muestra, se calculó la humedad de grano con el probador de humedad AGRATOMIX (se tomaron tres datos para obtener un dato promedio). Asimismo, se tomó fotografías del grano de maíz y de los lugares de almacenamiento y se llenó una boleta con información general de ubicación, el % de humedad y la fecha de cosecha del maíz. Todas las muestras fueron guardadas en bolsas de papel identificadas y en cajas de plásticos para evitar que se mojaran.
- e) **Medición de variables de calidad del grano:** la actividad se realizó posterior a la obtención de muestras en campo, en sede del ICTA se procedió a medir las variables de % de impurezas, % de grano dañados y % de granos de otro color. Para la variable de % de impurezas, se pesó 1000 g y se tamizó para extraer y cuantificar las impurezas. Para las variables de granos dañados (picados, podridos y con moho o hongo) y granos de otro color, se pesó tres muestras de 100 g y se seleccionó los granos dejando solo grano de buena calidad y homogéneo en color, luego se pesó y se calculó el porcentaje de cada una de ellas.
- f) **Envío de muestras al laboratorio:** de cada muestra obtenida en campo se pesó 900 g y se trasladó en bolsas ziploc debidamente identificada y se enviaron al laboratorio.
- g) **Análisis de las muestras:** el análisis de aflatoxinas y fumonisinas lo realizó el laboratorio Mycotox Lab, el método utilizado para la cuantificación fue Elisa (Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas AOAC 990.34).

- **Fase IV: Tabulación y análisis de la información**

Posterior a la recolección de información se obtuvo la base de datos que generó el programa KoBoToolbox y se procedió a realizar la estandarización y depuración de los datos. La estandarización consistió en verificar que las categorías en las variables fueran homogéneas y estuvieran escritas de la misma manera. La depuración consiste en eliminar las columnas de ayuda que se crearon al momento de elegir una categoría como respuesta o eliminar categorías que no fueron seleccionadas por los agricultores. El objetivo de esta actividad fue obtener una base de datos confiable y que al momento de analizar no presentara errores.

Se utilizó estadística descriptiva para analizar las variables cualitativas, así como análisis multivariados de componentes principales para identificar relaciones entre variables y asociaciones entre casos y variables. Para las variables cuantitativas de calidad de grano, se realizó correlaciones para identificar relación entre calidad física del grano y cantidad de aflatoxinas y fumonisinas presentes.

## **8 Resultados**

En total se visitó 49 comunidades en los siete municipios, se realizó 90 entrevistas distribuidas en cada municipio y se obtuvo 100 muestras de maíz. Para el caso de Panzós, La Tinta, Chisec, Ixcán y Fray se obtuvo siete muestras de maíz en cada ciclo. Para el caso de San Pedro Carchá se obtuvo 14 muestras en un ciclo. Para el caso de Cobán se obtuvo 10 muestras en comunidades con un solo ciclo y en dos comunidades en donde se realizan dos ciclos de cultivo, se obtuvieron las muestras en cada ciclo. En la figura 2 se puede observar los lugares de muestreo.

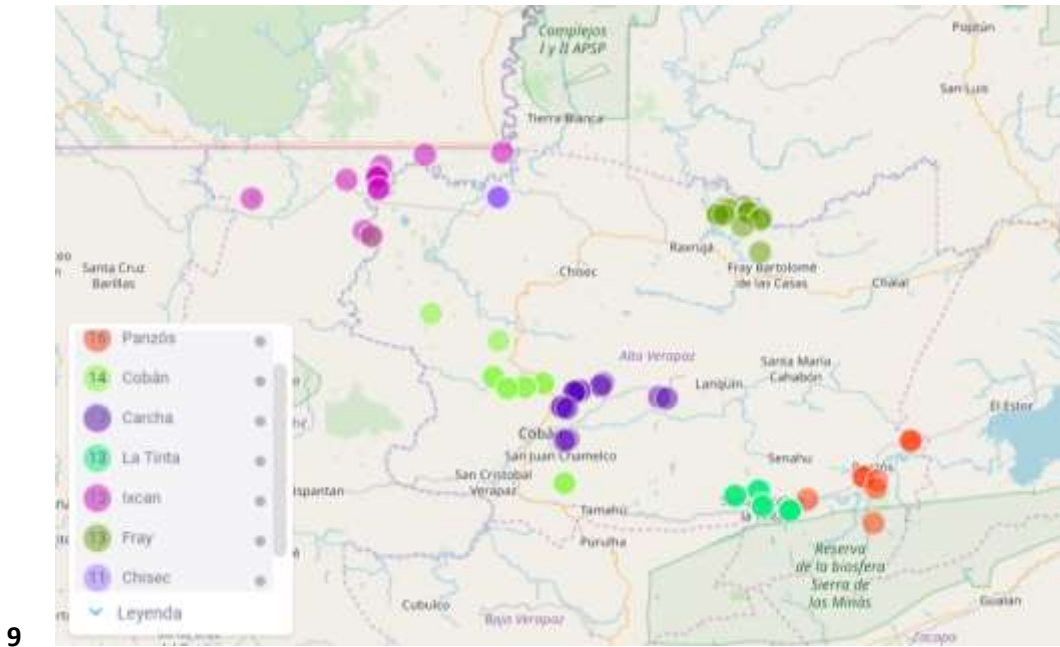


Figura 2: Ubicación de lugares de muestreo (entrevistas y muestras de maíz) en los siete municipios.

### 9.1 Caracterización de agricultores y de la finca.

**Género:** el cultivo de maíz es una actividad en donde se ven involucrada toda la familia independientemente del género. Sin embargo, son los hombres los que se dedican a realizar las actividades de manejo agrícola y las mujeres tienen una mayor participación en las actividades pos cosecha por lo que la opinión de ambos es diferente de acuerdo al rol que desempeñan en el cultivo. De los agricultores entrevistados el 60% fueron hombres y el 40% mujeres. En cuanto a la opinión de las mujeres se observó que poseían menor conocimiento en cuanto al manejo agronómico del cultivo, pero ellas eran las encargadas de apoyar o realizar las actividades de deshojar, desgranar y guardar el maíz.

**Grupo étnico:** la zona geográfica del estudio domina el grupo étnico Qeqchí y esto se ve reflejado en los datos obtenidos. Del total de agricultores abordados el 83% pertenecen al grupo étnico Qeqchí, el 8% se identifican como mestizos y el 6% al Quiche. Es importante indicar que se encontraron personas que se identificaron con el grupo étnico Chuj, Kakchiquel y Man, sin embargo, son muy pocos y se ubican en el municipio de Ixcán que es el municipio con población con mayor diversidad étnica.

**Escolaridad:** la capacidad de leer y escribir y el grado de escolaridad son dos aspectos importantes al momento de elegir el método de capacitación que mejor se ajusten a las condiciones del agricultor. Solo el 67% de los agricultores entrevistados indican que saben leer y escribir, el 4% sabe solo leer y el 28% no saben leer y escribir. Del grupo de agricultores que saben leer y escribir, el 70% su escolaridad es primaria, el 16% es de secundaria, 9% aprendieron a leer y a escribir a través de un programa de alfabetización, el

4% indican que obtuvieron educación diversificada y solo un 2% indican que han llegado a obtener educación universitaria. No existe una relación directa entre las variables de género, grupo étnico y escolaridad. Esto indica que el grado de escolaridad no está determinadas por el género y el grupo étnico. Sin embargo, se puede observar en la siguiente tabla que del grupo que sabe leer y escribir sobresale el grupo étnico Q'eqchi' con educación primaria.

*Tabla 1: Descripción del grado de escolaridad por grupo étnico y género del grupo de agricultores que saben leer y escribir.*

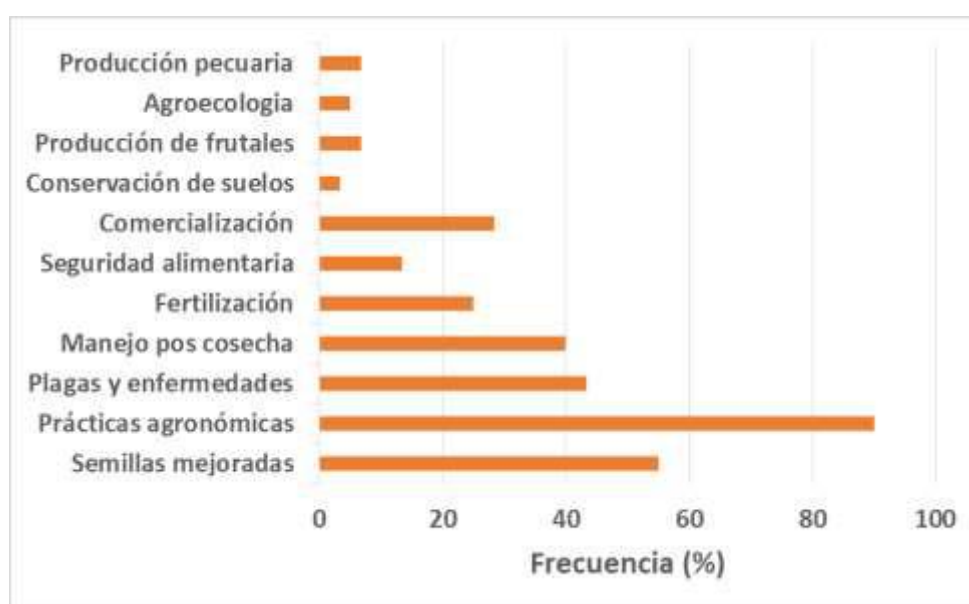
<b>Etnia</b>	<b>Escolaridad</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>Total</b>
Chuj	Primaria	1	0	1
Kakchiquel	Primaria	1	0	1
Man	Secundaria	1	0	1
Mestizo	Primaria	1	1	2
Mestizo	Secundaria	1	1	2
Q'eqchi'	Diversificado	1	1	2
Q'eqchi'	No fue a la escuela	4	1	5
Q'eqchi'	Primaria	21	12	33
Q'eqchi'	Secundaria	4	1	5
Q'eqchi'	Universitario	1	0	1
K'iche'	Primaria	0	3	3
K'iche'	Secundaria	1	0	1
	<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>20</b>	<b>57</b>

**Capacidad organizativa:** la organización de agricultores es fundamental para la transferencia de conocimientos y de tecnologías, además, contribuye a la sostenibilidad de los proyectos y conocimientos. Del grupo en estudio, solo el 68% indican que participan en al menos un tipo de organización de personas; de ese grupo solo el 38% participan en una organización agrícola ya sea de cultivos varios o de un cultivo en específico. El 19% indican que participan en organizaciones comunitarias como los COCODES y comités. El 22% indican que participan simultáneamente en organizaciones agrícolas y comunitarias. El 11% indican que participan en organizaciones sociales donde las que sobresalen son los grupos de iglesias y solamente el 2% indican que participan en grupos de los Caderec formados por el MAGA.

Entre las organizaciones en las que participan los agricultores son ACEDE, ADICAR, ADIFTRAN, ANACAFE, APAFAMI, COPROGRABI, APRISIM, ASECSA, Asociación Agrícola Maya Qeqchi', Asociación de mujeres Integral en Polochic, Asociación productores de cardamomo –Asorruxa-, Cooperativa Santo Domingo, Desarrollo Gestión Agrícola Maya Chixoy, Empresa Campesina Asociativa –ECA- (Rio Cahaboncito y Las Muñecas), Pastoral Social, Maya Kutam, Instituto Agrícola Campesina, Cooperativa Coquetzal, Asociación Adecoco, Fundea, Fomento Agrícola, Helps International y Programa Mundial de Alimentos.

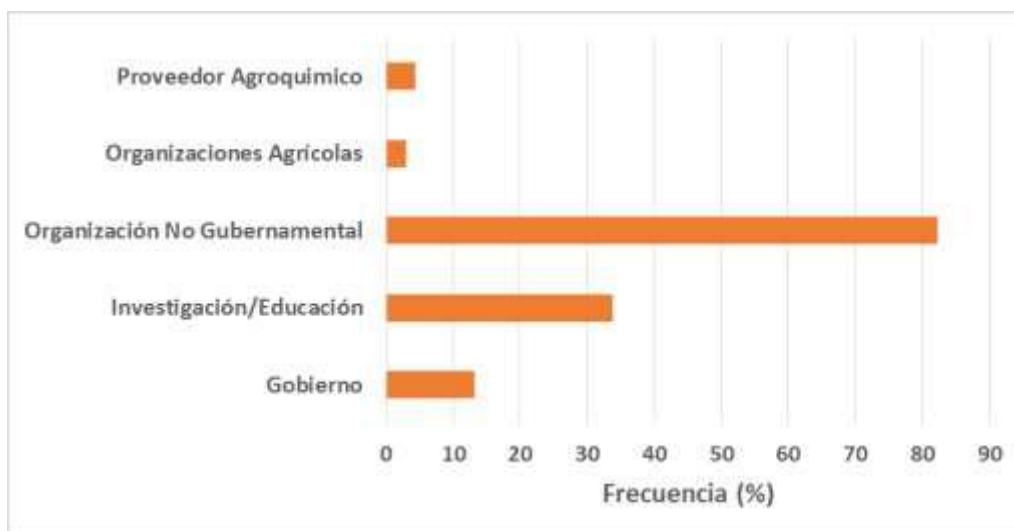
Entre las organizaciones comunitarias que participan los agricultores entrevistados están los Concejos comunitarios de desarrollo –COCODE- y comités comunitarios (salud, cementerio y educación).

**Capacitación agrícola:** el nivel de experiencia del agricultor está relacionado con el grado de capacitación y la diversidad de temas agrícolas de capacitación. Del grupo en estudio solo 68% indican que han recibido o reciben actualmente algún tipo de capacitación en temas agrícolas. Las prácticas agronómicas, semillas mejoradas, manejo de plagas y enfermedades, manejo pos cosecha y fertilización son los temas específicos en el cultivo de maíz. En la figura 3 se puede observar la frecuencia en porcentaje de los agricultores que indican haber recibido capacitación en los temas descritos. Sin embargo, el tema que sobresale es el manejo agronómico.



*Figura 3: Temas en que ha sido capacitados los agricultores*

La fuente de capacitación es diversa, sin embargo, se han agrupado de acuerdo al tipo de organización. En la siguiente figura se puede observar que las organizaciones no gubernamentales son las que más capacitan a los agricultores en temas agrícolas. Le siguen las instituciones de investigación/educación (ICTA y proyectos de universidad), en tercer lugar los proyectos de gobierno (Caders-MAGA, PRODENORTE). Un actor importante y que se visibiliza poco como ente capacitador y de asistencia técnica, son los promotores de agroquímicos quienes con el fin de vender sus productos brindan asistencia a los agricultores en el uso de semillas mejoradas o productos para el control de plagas y enfermedades.



*Figura 4: Instituciones que son fuente de capacitación para los agricultores.*

Es importante mencionar que los datos antes expuestos son el resultado de las opiniones de los agricultores. Si bien, se observa mayor proporción atendidos por ONGs se debe a que el abordaje en los municipios se realizó a través de organizaciones como el PMA y Helps International, lo que ya genera una mayor afinidad por parte de los agricultores. Sin embargo, esto no representa la realidad en los municipios, que sin duda existen una gran cantidad de agricultores sin organización y capacitación.

Para el grupo de agricultores entrevistados, los temas de capacitación tienen una relación con las instituciones quienes las imparten, es así como en los municipios de Panzós, La Tinta, Chisec e Ixcán los agricultores entrevistados indican haber tenido un proceso de capacitación y asistencia técnica en el manejo agronómico y prácticas de pos cosecha impartidas por el Programa Mundial de Alimentos.

*A través del programa compras para el progreso -P4P-, los agricultores tuvieron la oportunidad de comercializar el grano a un mejor precio con la condición de asegurar la calidad del grano. Para ello el PMA, desarrolló un programa de capacitación para mejorar las prácticas de manejo agronómico y prácticas de pos cosecha, a través de este programa, se desarrolló la metodología de la caja azul<sup>5</sup>. El objetivo fue determinar la calidad del grano desde campo para reducir el rechazo al momento de entrega del maíz en las bodegas de INDECA, quién realizaba el proceso de ventilado, secado y almacenamiento.*

*La metodología consistía en realizar un muestreo del 85% de los sacos a entregar y se realizaba dos procedimientos complementarios. En primer lugar, se seleccionaba una muestra compuesta para calcular el % de granos dañados (podridos, calentados, picados),*

<sup>5</sup> **Caja azul:** consiste en conjunto de equipo (medidor de humedad, pesa, caladores, tamices, molino portátil de granos, agua destilada, pipetas, tubos de ensayo y reactivos para aflatoxinas) para medir la calidad física del grano y determinar de forma cualitativa la incidencia de aflatoxinas.



*% de granos quebrados y % de granos de otro color. Si la sumatoria del porcentaje sobrepasaba el 12% se consideraba un grano de mala calidad física. A la vez, de la misma muestra se seleccionaba 100 gramos, se molía y con agua destilada se realizaba una solución a la que se agregaba un reactivo para determinar la presencia de aflatoxinas. Si el test resultaba positivo para aflatoxinas y la sumatoria de los porcentajes sobrepasaba el 12% indicaba que era un grano de mala calidad y desde campo se rechazaba el grano.*

*Esta metodología ayudó a los agricultores a asegurar la calidad de grano y a reducir el número de rechazos en la entrega de grano. Al mismo tiempo obtuvieron beneficios económicos al tener un mercado y precio fijo. Sin embargo, según los agricultores entrevistados fue un proceso complejo para lograr estandarizar sus prácticas entre el grupo de agricultores, además, el sistema de pago utilizado por la organización no fue muy aceptado por los agricultores, ya que se tardaba entre 20 días a un mes posterior a la entrega del maíz.*

*Al finalizar el programa, por parte del programa se les entregó una caja azul a cada grupo de agricultores, para que pudieran seguir controlando la calidad del grano. Sin embargo, al momento de realizar la entrevista, muchos de ellos indicaron que han dejado de utilizar la metodología, principalmente, la fase de determinación de aflatoxinas, debido al proceso que para ellos resulta complejo. Se pudo observar que los agricultores tienen dificultad para realizar procesos detallados y meticulosos, generalmente, se les hace más fácil adoptar y adaptar las prácticas de manejo agronómico y de pos cosecha.*

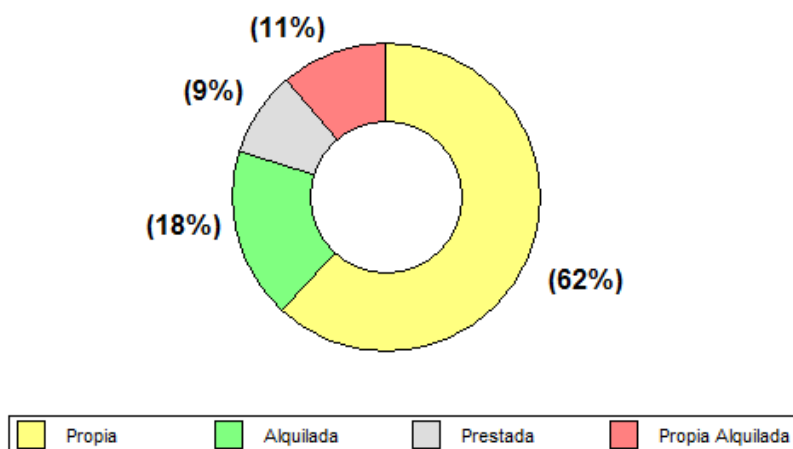
*A pesar que el proyecto P4P había finalizado al momento de realizar este estudio, el PMA sigue atendiendo a las consultas de los agricultores en este tema, pero ya no es su actividad principal. Actualmente se han enfocado en generar capacidades y habilidades en diversificar la generación de ingresos y ahorro comunitario, principalmente con mujeres.*

Para el caso de Cobán y Carchá el abordaje se realizó a través de la organización Helps International. Esta organización trabaja con agricultores productores de maíz en el tema de fertilización. En este sentido, han realizado análisis de suelo y han generado una fórmula de fertilizante ajustada a las condiciones de la zona. A la vez, han generado un sistema de fácil adquisición a través de un programa de crédito, con facilidades de pago, lo que permite al agricultor obtener y aplicar el fertilizante en el momento adecuado. Asimismo, se tiene un plan de asistencia en el manejo agronómico, lo que ha permitido aumentar sus rendimientos por unidad de área.

## **9.2 Características de los sistemas de producción**

**Tenencia de la tierra:** la disponibilidad de tierra para cultivo es un factor determinante para los sistemas de producción de los agricultores. Principalmente porque los agricultores que su tenencia de tierra es prestada y alquilada, la ubicación varía año con año o de ciclo en ciclo ya que depende de la disponibilidad de la tierra por el arrendatario. En la figura 5 se puede

observar a nivel general que la tenencia propia es la que domina con el 62%, los municipios en donde los agricultores reportaron ser dueños de la tierra de cultivo es en Panzós, Ixcán y San Pedro Carchá en mayor proporción, seguidos de Cobán y Fray (ver datos en anexos).



*Figura 5: Tenencia de la tierra*

En segundo lugar se encuentra la tenencia alquilada con un 18% de representación, el valor de alquiler por hectárea de producción a nivel general de 143 quetzales a 1,286 quetzales, con una media de 797 quetzales. Sin embargo, la ubicación del terreno y las características del mismo son determinantes para definir el precio de la manzana por año.

**Disponibilidad de la mano de obra:** la disponibilidad en mano de obra es un factor determinante en los sistemas de producción ya que se puede asociar al manejo agronómico del cultivo. A nivel general el 55%, utiliza mano de obra familiar y contratada, siendo las actividades de siembra, fertilización y cosecha donde necesitan de contratar jornales para realizar el trabajo en el mismo día.

Para las actividades de preparación del terreno y control de malezas durante el ciclo de cultivo lo realizan con mano de obra familiar. Un segundo grupo de agricultores (38%) indican que todas las actividades lo realizan con mano de obra familiar, que puede incluir miembros del hogar si el tamaño de la familia es relativamente grande o incluir a familiares fuera del núcleo familiar, si el tamaño de la familia es pequeño.

El pago de la mano de obra lo realizan a través del pago del jornal o a través de cambio de mano de obra, el cual consiste en apoyar a las actividades de sus familiares en sus sistemas

de producción. Finalmente solo el 7% indican que contrata jornales para realizar todas las actividades de manejo del cultivo.

En la siguiente tabla se puede observar que en todos los municipios utilizan mano de obra familiar y contratada. Asimismo, se puede observar que son pocos los casos en donde solo se utiliza mano de obra contratada.

*Tabla 2: Disponibilidad de mano de obra según la fuente por municipio.*

Municipio	Fuente de mano de obra			Total
	Contratada	Familiar	Familiar y contratada	
Carcha	0	0	13	13
Chisec	0	5	4	9
Cobán	0	5	7	12
Fray	2	8	3	13
Ixcán	2	5	6	13
La Tinta	0	3	9	12
Panzós	2	8	7	17
<b>Total</b>	6	34	49	89

Tabla de contingencia: estadístico Chi cuadrado de Pearson, valor: 24.12; gl: 12, p: 0.0196

**Área cultivada con maíz:** el área de cultivo de maíz encontrada fue un mínimo de 0.18 ha y una máximo de 5.6 ha con una media de 1.23 ha a nivel general. En la siguiente tabla se puede observar el área de producción media por municipio, los valores mínimos, máximos y el coeficiente de variación. Se puede observar que el municipio de Ixcán es donde se encuentra la producción con el área más grande y la media.

El coeficiente de variación nos indica la variabilidad en el tamaño del área de producción en cada municipio. Se puede observar que en la Tinta es el municipio con menor variabilidad, esto indica que el área de cultivo es relativamente homogéneo entre los agricultores. En el caso de Cobán, es donde hay más variabilidad eso indica que hay agricultores con áreas de cultivos grandes y agricultores con áreas pequeñas.

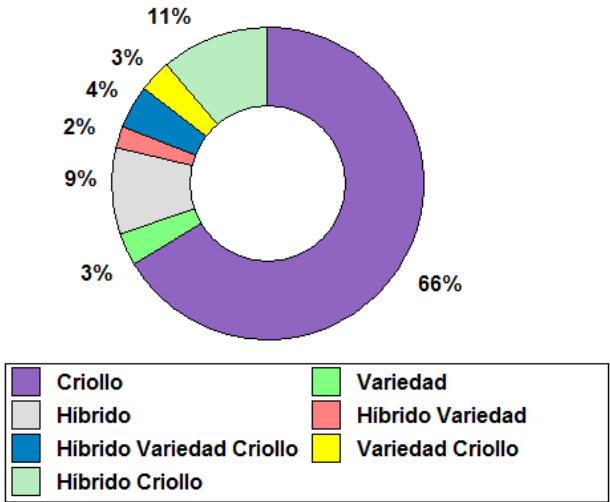
*Tabla 3: Descripción del tamaño del área de producción de maíz según municipio*

Municipio	Área (ha) de cultivo de maíz				
	n	Media	CV	Mínimo	Máximo
<b>Carcha</b>	13	0.90	43.54	0.35	1.40
<b>Chisec</b>	8	1.66	38.57	0.70	2.80
<b>Cobán</b>	12	0.76	70.44	0.28	2.10
<b>Fray</b>	13	1.26	66.59	0.57	3.50
<b>Ixcán</b>	13	2.69	48.46	0.70	5.60
<b>La Tinta</b>	12	0.58	37.87	0.28	1.05
<b>Panzós</b>	17	0.95	71.58	0.17	2.80

**Tipo de semillas:** el uso de semillas mejoradas indica el nivel tecnológico que utiliza el agricultor, ya que un agricultor que hace la inversión en la adquisición de híbridos, está obligado a invertir en insumos agrícolas (fertilización, control de plagas y enfermedades) para recuperar la inversión.

A nivel general el 66% de los agricultores cultivan solo semillas criollas, le sigue con el 11% a un grupo de agricultores que utilizan una combinación de semillas criollas e híbridas (generalmente las semillas criollas para el consumo y las híbridas para la comercialización). Le sigue con el 9% los agricultores que solo utilizan híbridos, con un 4% agricultores que utilizan solo variedades. Asimismo, un 4% utilizan los tres tipos de semillas, y hay grupos de agricultores que utilizan combinación entre los tres tipos de semillas.

En cuanto al uso de semillas según la ubicación geográfica, se puede determinar que los municipios de Cobán y Carchá utilizan en su totalidad semillas criollas. En los municipios de Chisec, Fray, Ixcán y Panzós hay un grupo de agricultores que solo utilizan híbridos, y un grupo que utiliza semillas híbridas y criollas en el mismo sistema productivo. El uso de variedades solo fue reportado por agricultores de los municipios de Chisec, Fray, Panzós y La Tinta, pero en una menor cantidad. La distribución del uso del tipo de semillas según el municipio se describe en anexos.



*Figura 6: Distribución del uso de semilla según el tipo*

De los híbridos más utilizados según agricultores se encuentran en primer lugar el JC-24 (32%), le sigue el HB-83 (29%), y Pioneer y Valle verde con 13%, el 6% indican utilizar Impacto y con un nivel de reporte del 3% Dkalb 390 y Biogene 458.

Entre las variedades utilizadas se encuentran el ICTA B-7, ICTA B-13 e ICTA B-15, el uso es reportado por agricultores en donde se estableció parcelas de prueba para la validación de las variedades.

En cuanto al color de grano, se identificó que los agricultores que siembra semillas criollas, siembran los tres colores, aunque sobresale por la cantidad al color blanco. En cuanto al color de los maíces híbridos sobresale más del 90% el de color blanco y en el caso de las variedades el total es de color blanco.

#### **Densidad de siembra:**

**Sistema de cultivo:** el sistema de cultivo que prevalece es el monocultivo en un 88%, el 12% restante realizan cultivos en monocultivo y en asocio. Los municipios de Cobán, Fray e Ixcán todos los agricultores entrevistados indican que su sistema de cultivo es monocultivo, por otro lado, para los municipios de Chisec, La Tinta, Panzós y Carchá hay agricultores que indican sembrar en monocultivo y otros en asocio, ya sea directo o intercalado.

#### **Factores Ambientales:**

**Inundaciones:** la zona de estudio se ubica en el clima cálido lo cual se caracteriza por lluvias constantes durante el año principalmente en los municipios de Panzós, Chisec, Ixcán y en menor medida La Tinta. Los agricultores indican que la variabilidad e intensidad de las lluvias provocan que su tierra de cultivo se inunde. En estos municipios se tienen sistemas de producción en las riveras del río Chixoy y del Río Polochic, lo que provoca que un aumento en la intensidad o frecuencia de las lluvias el río se desborden e inunde los terrenos de cultivo. Al menos el 47% de los agricultores indicaron que han sufrido eventos de inundación en sus cultivos, en donde han perdido la totalidad de la cosecha.



*Figura 7: Inundación provocada por las lluvias intensas en octubre del 2017 en la zona de Ixcán.*

De acuerdo a la opinión de los agricultores, los suelos de las riveras de los ríos son considerados de alta fertilidad ya que se obtienen buenos rendimientos sin necesidad de aplicar gran cantidad de fertilizante. Sin embargo, son los terrenos con mayor probabilidad de inundación en época de lluvia.

El daño que provoca la inundación depende en qué fase que se encuentre el cultivo, si ocurre desde la siembra hasta las primeras etapas, se puede llegar a perder la totalidad de la plantación, debido a que las altas temperaturas calientan el agua estancada y favorece al marchitamiento de la planta (Lafitte, 1993). Asimismo, cuando la inundación ocurre antes de la cosecha y el nivel del agua supera la altura de la mazorca, la pérdida se da porque el grano de maíz absorbe agua dando paso a la germinación. Sin embargo, cuando la inundación no es extrema, crea las condiciones como alta humedad relativa y favorece al transporte de conidios para la el desarrollo de hongos. En algunos casos los agricultores indicaron que en época de lluvia evitan realizar siembras en áreas ubicadas en la rivera de los ríos, para evitar las pérdidas por inundación.

**Sequías:** de los agricultores entrevistados el 38% indican que los cultivos se ven afectados por la sequía. La forma en que afecta la falta de agua durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo, tiene un impacto directo en el rendimiento. Sin embargo, el estrés hídrico aumenta la susceptibilidad de la planta para el desarrollo del micro biota fúngica.

**Viento (acame):** el efecto del viento en el cultivo está relacionado al acame de tallo, los agricultores relacionan la caída de la milpa a vientos fuertes. Alrededor del 71% de los agricultores entrevistados manifestaron que tienen problemas de acame. Al momento que la mazorca entre en contacto con la tierra aunado a las condiciones ambientales, provoca la pudrición de las mazorcas, lo que es un medio adecuado para el desarrollo de hongos.

**Pájaros (daños a la mazorca):** el ataque por pájaros en la época de elote y mazorca aunado a las lluvias crean las condiciones para la pudrición de la mazorca. El 65% de los agricultores indicaron que tienen problemas para controlar el ataque de los pájaros.

### **9.3 Características de las actividades de cosecha pos cosecha y almacenamiento**

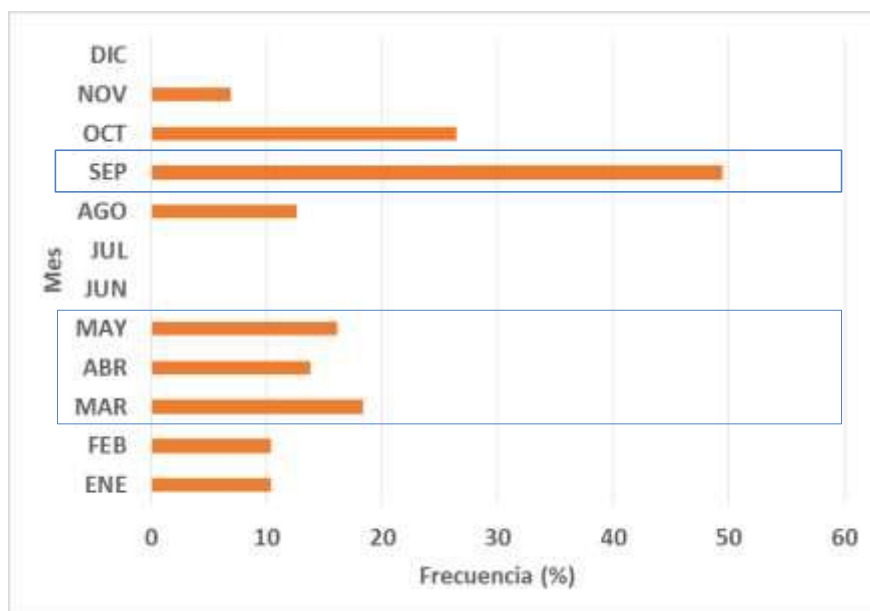
**Doblado de la planta:** La dobla es una práctica importante que realizan los agricultores con dos propósitos. El primero es para acelerar el secado de grano en campo y por ende la fecha de cosecha, y la segunda, es para evitar el ataque de pájaros y la pudrición de la mazorca por mala cobertura. El 43% de los agricultores indican que realizan esta práctica en ambos ciclos, el 18% indican que realizan esta práctica solamente para el ciclo de invierno, debido a que es donde hay mayor presencia de lluvia y el 39% indican que no realizan esta práctica. Entre los motivos del por qué no realizan esta práctica se encuentran, mal llenado de la mazorca cuando no calculan el momento adecuado para realizar la práctica, por otro lado, la aceleración de la pérdida de humedad provoca que el grano no madure adecuadamente y pierda peso, reduciendo así el rendimiento por área. En los anexos se puede observar la relación entre la práctica y los municipios.

**Mazorcas con puntas descubiertas:** la mala cobertura de la mazorca genera las condiciones para el ataque de plaga (gorgojo) y la pudrición de la mazorcar (facilita el contacto del grano con la lluvia). Esta es una característica que está asociada al tipo de semilla y es un parámetro

que los programas de Fito mejoramiento utilizan para la selección de líneas promisorias. Del grupo de agricultores solo el 12% indican que es muy frecuente encontrar mazorcas con mala cobertura, el 64% indican que es poco frecuente encontrar mazorcas con mala cobertura, el 22% de indican que no encuentran mazorcas con puntas descubiertas. A la vez indican que han observado una mayor frecuencia de mazorca con puntas descubiertas en las semillas mejoradas. Este hecho ha sido uno de los factores por los cuales han dejado de utilizar semillas mejoradas debido a que hay más ataque de gorgojo al exponer los granos directamente al ambiente, además, no se ajusta al sistema de almacenamiento tradicional (con tuza).

**Mazorca podridas:** las mazorcas podridas se pueden generar por enfermedades, acame, mala cobertura y ataque de pájaros. La pudrición de la mazorca es un factor importante a considerar ya que contribuye al desarrollo de hongos productores de toxinas. De acuerdo a la opinión de los agricultores, indica que es muy frecuente encontrar mazorcas podridas (6%), el 29% indica que con frecuencia encuentran mazorcas podridas y un 60% indica que es poco frecuente las mazorcas podridas.

**Fecha de cosecha:** las fechas de cosecha está determinada por la época de siembra, la cual es muy variable por zonas y por la presencia de lluvia y humedad residual del suelo. Los agricultores reportaron un rango de cosecha para la siembra de la época lluviosa de agosto hasta noviembre siendo septiembre el mes donde se realizan en mayor cantidad. Para la cosecha en época seca, inician en enero y finaliza en mayo, sobresalen los meses de marzo y mayo, aunque no es muy diferenciada con respecto a los otros meses.



*Figura 8: Mes de cosecha según frecuencia de opinión del agricultor*

**Control de humedad de cosecha:** la cosecha se puede realizar cuando el maíz ha llegado a madurez fisiológica, en este estado la humedad se encuentra en 38%, sin embargo, para realizar cosecha mecanizada es importante que la humedad sea máximo de 28% y mínimo de 15%, fuera de este rango los granos se pueden aplastar, quebrar o pulverizar (Obrador Rousseau, 1984).

Los agricultores no tienen una forma técnica para determinar la humedad de cosecha. Para identificar el momento de cosecha se basan en primer lugar en el cálculo de los días a cosecha. Además utilizan prácticas como la observación de la planta y la mazorca, grado de secado de las hojas y la posición de la mazorca, si la mayoría de las mazorcas se ven con una inclinación hacia el suelo es un indicador ya que se encuentra seco.

Otros agricultores cosechan mazorcas y verifican la facilidad de desgrane para determinar si ya es oportuno la cosecha. Algunos incluyen la mordida de granos para determinar el grado de secado y el sonido al momento de mover el grano. Por otro lado, hay agricultores que indican esperar de 30 a 40 días posterior a la práctica de doblado para realizar la cosecha, así también se encontró agricultores que posterior a la dobla, dejan el maíz en el campo hasta tres meses y lo cosechan según el consumo. Esto facilita el ataque por gorgojo y lo expone a las lluvias.

**Forma de cosecha:** la cosecha manual es la más utilizada en la zona y lo realizan de dos formas, con tuza (54%) y sin tuza (46%). A través de un análisis de tablas de contingencia se pudo determinar una relación entre la forma de cosecha y el municipio. En donde los municipios de Carchá, Cobán, La Tinta y un grupo de Panzós realizan la cosecha con tuza y los municipios de Chisec, Ixcán, un grupo de Fray y de Panzós realizan la cosecha sin tuza.

**Eliminación de la tuza:** para el grupo que realiza la cosecha con tuza en campo, pueden eliminar la tuza en tres momentos. Hay un grupo de agricultores realiza la eliminación en el desgrane de forma mecanizado, en Ixcán y Chisec. En los municipios de Cobán, Carchá, Fray y La Tinta eliminan la tuza conforme el desgrane que está determinado según el consumo.

**Desgrane:** el método de desgrane que utilizan los agricultores depende de su unidad de almacenamiento, de la cantidad y fin de su producción. Tiene una relación con la calidad de grano, principalmente con el porcentaje de grano quebrado. Como se puede observar en la figura 9, el desgrane manual es el más utilizado por los agricultores y se realiza en todos los municipios. El desgrane mecanizado se realiza principalmente en los municipios de Ixcán, Chisec y Panzós. El método de aporreado se realiza principalmente en el municipio de Fray.



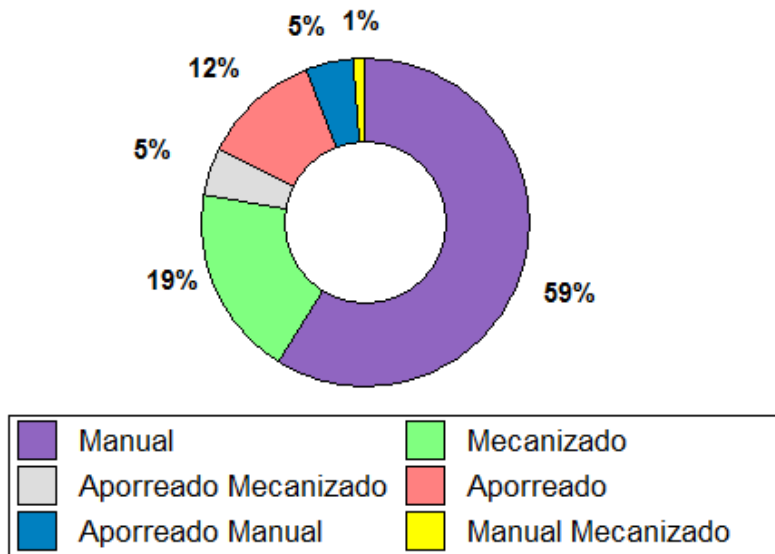


Figura 9: Métodos de desgrane encontrados en la zona de estudio

**Secado y control de humedad de almacenamiento:** la humedad es un factor importante para mantener la calidad de grano en almacenamiento. Para asegurar que la humedad de grano sea la adecuada para el almacenamiento se debe realizar un proceso de secado si la humedad de cosecha es superior a 14.5%. Sin embargo, se pudo observar que son pocos los agricultores que controlan la humedad de almacenamiento. Solo el 22% de los agricultores indican que realizan algún tipo de secado posterior a la cosecha y el 9% indican que solo realizan sacado para el maíz de consumo. Del grupo que realizan secado, lo realizan generalmente en mazorca y solo un grupo (37%) en grano. En los municipios de La Tinta, Cobán y Carcha la forma de secado lo realizan unificado al método de almacenamiento que es el tapanco. Generalmente almacenan el maíz en el tapanco de la cocina, el calor que se genera por la cocción de los alimentos, además, si la casa tiene techo de lámina, la temperatura aumenta y con el tiempo se reduce la humedad del grano.

**Unidades de almacenamiento:** se encontró una diversidad de sistemas de almacenamiento, generalmente un agricultor no utiliza un único sistema. Es por ello que en la figura 10 se indica la frecuencia en que se encontró cada sistema. El de mayor uso es la troja, la cual consiste en una galera hecha de madera con techo, con el único propósito de guardar el maíz, generalmente el maíz se encontró con tuza. Le sigue los sacos y en donde se pudo encontrar maíz almacenado en grano o en mazorca sin tuza. En tercer lugar sigue la tarima, que consiste en maíz ordenado sobre tablas de madera generalmente dentro de los hogares.

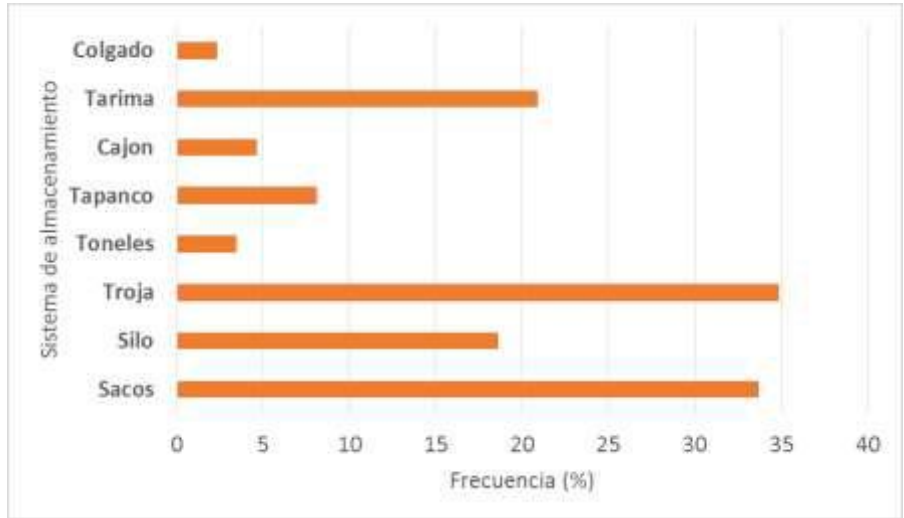


Figura 10: Sistemas de almacenamiento encontrados según frecuencia de uso

En la siguiente figura se puede observar la relación que existe entre los diferentes sistemas de almacenamiento y la asociación según los municipios. Los sistemas de troja, colgado, tarima, tapanco y cajón están más relacionados entre sí, esto indica que se pueden encontrar uno o varios sistemas a la vez en un hogar. Estos sistemas se pueden encontrar con mayor frecuencia en los municipios de Cobán, Carchá, La Tinta y Fray. El uso de silos está más asociados al municipio de Ixcán, Panzós y Chisec. El uso de sacos se ve más asociado a los municipios de Chisec y Panzós.

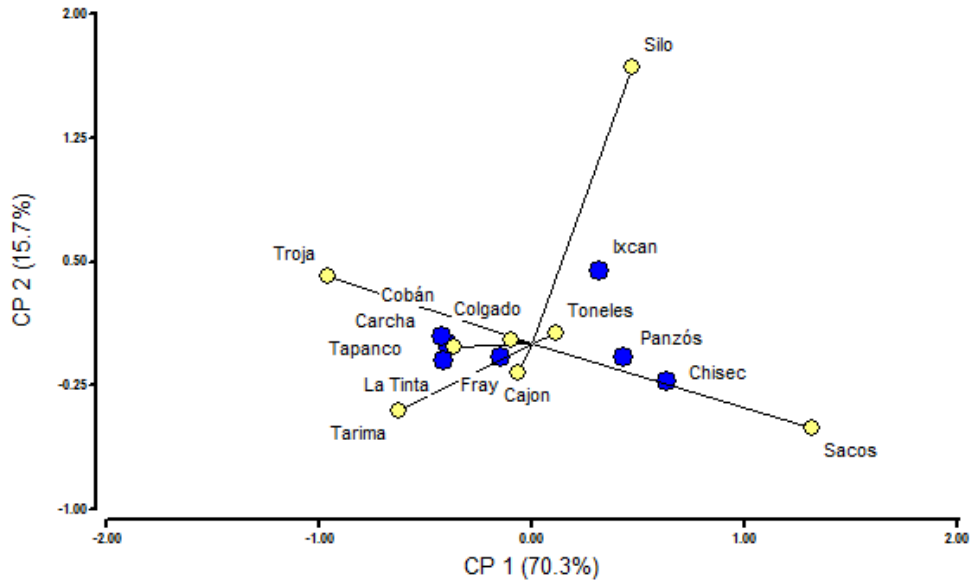


Figura 11: Análisis de componentes principales de los sistemas de almacenamiento y los municipios

#### 9.4 Características de calidad física del grano

Se evaluó las variables de calidad de grano (% grano dañado y % de impurezas) utilizando la norma COGUANOR NGO 34 047. La cual califica el grano apto para la comercialización en cuatro grados de calidad de acuerdo al % de humedad, % grano dañado, % de daño quebrado, % de impurezas y % de grano contrastante por color y si esta infestado. Estas clasificaciones son aceptadas con un diferencia en el precio según su clasificación. Sin embargo, un grano puede ser rechazado si se encuentra infestado aunque las características anteriores sean las adecuadas.

Tabla 4: Clasificación de calidad de grano según norma COGUANOR NGO 34 047 y época de cosecha

Cose-cha	Municipio	% H°	% Impurezas	% G Dañado	% G de color	% M. Infestadas	Calidad	Almacene- miento(días)
<b>Ciclo largo</b>	Carcha	15.42	0.09	11.73	12.26	57	CSM	250
	Cobán	15.19	0.19	13.68	10.87	90	CSM	295
<b>Ciclo I</b>	Chisec	14.37	0.29	7.21	1.19	14	CSM	73
	Cobán	16.61	0.47	5.07	7.27	67	CSM	55
	Fray	14.40	0.35	8.45	5.60	71	CSM	22
	Ixcán	14.00	0.47	11.38	1.37	50	CSM	52
	La Tinta	14.78	0.21	8.30	5.74	29	CSM	81
	Panzós	16.76	0.25	6.38	5.69	13	CSM	23
	<b>Ciclo II</b>	Chisec	16.49	1.91	13.51	10.79	71	CSM
Cobán	18.55	0.47	4.67	15.86	33	CSM	18	
Fray	17.30	0.88	6.50	8.34	43	CSM	11	
Ixcán	14.99	2.37	7.88	10.44	33	CSM	23	
La Tinta	16.51	1.67	3.56	6.82	43	CSM	35	
Panzós	17.80	0.80	6.89	12.63	63	CSM	20	

CSM: Calidad según muestra, Ciclo largo: áreas que solo tiene un ciclo de cultivo al año.

El límite máximo permitido para las variables de impureza y de granos de otro color es del 1% y 5% respectivamente y para la variable de humedad el valor requerido es de 13%. En la tabla 4, se puede observar que solo los municipios de Chisec e Ixcán para la cosecha del primer ciclo cumplen con el límite permitido. La variable de grano dañado es la que determina el grado de calidad del grano, hasta un 5 % es de calidad I, hasta un 6% es de calidad II, hasta un 8% es de calidad III y con un máximo de 10% es calidad 4. Es así como los municipios de Cobán y Carchá en el ciclo único, superan el límite de la cuarta categoría de calidad. En relación a la humedad de grano, se puede observar que ninguna de las muestras cumple con la norma establecida, esto a pesar del tiempo de almacenamiento en las que se encontraban al momento de recolectar la muestra. Cuando las muestras no reúnen los requisitos de calidad de grano indicado, se le denomina “Calidad Según Muestra”, además si se observa que la muestra esta infestado el grano es rechazado.

A nivel general el 51% de las muestras al momento de la recolección se encontraba con gorgojo (*Sitophilus zeamais*) y de acuerdo a la experiencia de los agricultores, esta es una plaga que tiene alta capacidad de vuelo lo que dificulta su control. Así también indican que

la plaga se encuentra en campo antes de la cosecha, por lo que al llegar al lugar de almacenamiento ya va infestado. El control lo pueden realizar si utilizan sistemas de almacenamiento como silos y toneles agregando la pastilla de Fosforo de Aluminio. Sin embargo, en los sistemas de almacenamiento en troja, tarima y cajon, el control que realizan es limitado o nulo, agregando cal al momento de ordenar el maíz. Si bien, no se cuantificó el daño que provoca esta plaga, los agricultores indican que les provoca pérdidas en dos formas, bajo por mala calidad o la reducción la disponibilidad de grano para el consumo. Además es el principal motivo por el cual los agricultores con producciones comerciales, realizan la venta inmediatamente posterior a la cosecha, porque no pueden invertir en sistemas de almacenamiento como silos y no cuentan con un método efectivo para el control del gorgojo.

En la tabla 4 se puede observar que en Cobán en el ciclo único, es la zona donde el 90% de las muestras recolectadas se encontró gorgojo, este es un lugar donde se caracteriza por un ciclo de producción al año y los días de almacenamiento de las muestras oscilan entre 270 y 345 días. En segundo lugar, se encuentra el municipio de Fray y Chisec con 71% de muestras infestadas, Fray para el primer ciclo y Chisec para el segundo ciclo. Los días de almacenamiento reportados para Fray oscilan entre 5 a 60 días con una media de 22 y para Chisec de 4 a 45 días.

De acuerdo al tiempo de almacenamiento, la parte alta de Cobán y Carcha son las que reportan el mayor promedio de almacenamiento. Las condiciones climáticas presentes en esta zona según mapa elaborado por Franco (2015) con datos de Climatología WorldClim (Hijmans, *et al.*; 2005) pertenecen a templado fresco, esto permite almacenar por más tiempo el grano de maíz. Por el contrario, los municipios que se ubican en la zona denominada Franja Transversal del Norte (zona baja de Cobán, Chisec, Fray e Ixcán) y El Valle del Polochic (Panzós y La Tinta) pertenecen a clima cálido, lo cual favorece la presencia de dos ciclos de producción de maíz y aporta condiciones climáticas adecuadas como temperatura y humedad relativa alta para la reproducción de insectos y hongos provocando pérdidas de grano durante el almacenamiento.

### **Aflatoxinas y Fumonisin**

La obtención de las muestras se realizó durante dos épocas; primera (mayo-julio) y segunda (octubre-noviembre). Las muestras de Carchá y la parte alta de Cobán (ciclo único) corresponden a la cosecha realizada en el último cuatrimestre del año 2017. Las muestras obtenidas en la época seca, corresponde al periodo de cosecha que se realiza en el primer trimestre del año 2018, y las muestras de la época lluviosa corresponden a la cosecha realizada en el último trimestre del año 2018.

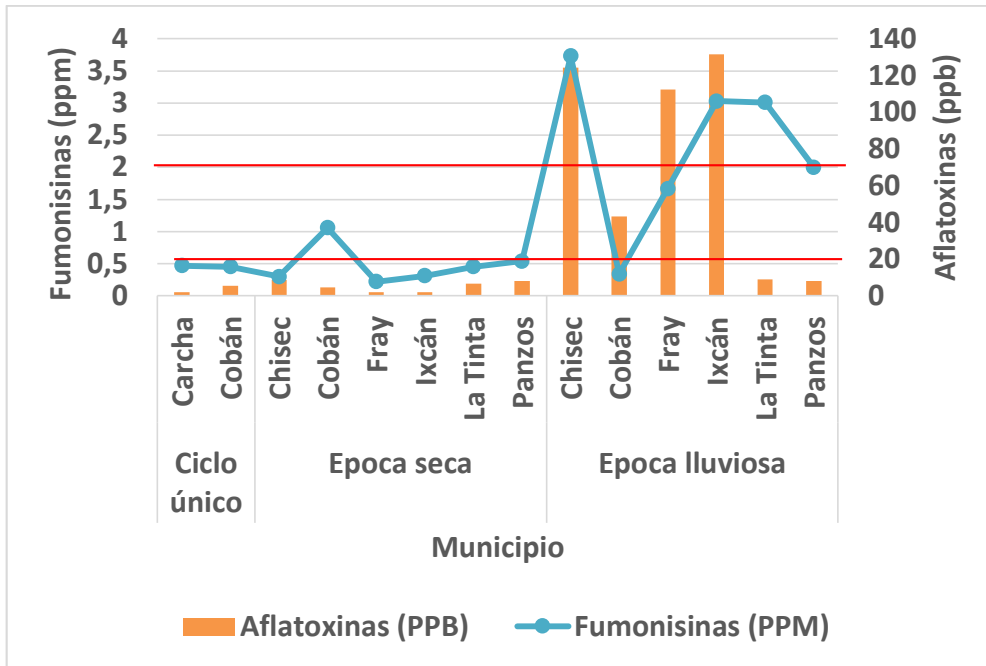


Figura 12: Promedios de Aflatoxinas y Fumonisin en cada municipio de acuerdo a la época de cosecha.

En la Figura 12, se puede observar que en todos los municipios se da la presencia simultánea de las dos micotoxinas en las épocas de muestreo. Si bien, la presencia de una de las micotoxinas representa un riesgo para la salud, se tienen indicios que la presencia simultánea de las dos micotoxinas podrían tener efectos sinérgicos o aditivos lo cual podría aumentar su poder cancerígeno. El grado de coincidencia depende de factores como la región, el tipo de producto, el almacenamiento, el momento de la toma de la muestra, entre otros (OMS Organización Mundial de la Salud, 2018).

En relación a los valores permisibles para consumo, de acuerdo a la norma COGUANOR el límite máximo para Aflatoxinas es de 20 ppb, por lo tanto, los municipios de Chisec, Cobán (parte baja), Fray e Ixcán para la época lluviosa sobrepasan el límite. Para el caso de fumonisin, de acuerdo a la OMS el límite máximo permitido es de 2ppm, en este caso, los municipios de Chisec, Ixcán, La Tinta y Panzós en la época lluviosa los que sobrepasan el límite.

De acuerdo a la percepción de los agricultores, la calidad de grano varía con relación a la época de siembra y de cosecha. Durante la cosecha de octubre-noviembre (época lluviosa) el grano es expuesto a constantes lluvias durante el ciclo productivo, creando una ambiente de alta humedad relativa y alta temperatura lo que favorece el desarrollo hongos. Bucio *et al.* (2003), relacionaron el incremento de hongos formadores de micotoxinas a condiciones de inundación en la parcela, sin embargo, se puede reducir la incidencia de estos hongos con un manejo agronómico adecuado.

Otro factor importante es el tipo de maíz que se cultiva en la región, como ya se describió anteriormente, los agricultores cultivan en su mayoría maíz criollo, algunos incluyen además variedades e híbridos en sus sistemas de producción. Peña, Carmona, Valladares (2013), cuantificaron la cantidad de aflatoxinas en híbridos y maíces nativos procedentes de tres estados de México con diversidad climática, en donde concluyeron que no existe diferencias estadísticas entre la cantidad de aflatoxinas presentes en los diferentes tipos de maíz, pero si en las condiciones climáticas en las cuales se produce. En el presente estudio, las muestras de Carchá y parte alta de Cobán, reportaron menor cantidad de aflatoxinas y fumonisinas, son municipios de clima templado fresco y utilizan semillas criollas. Por otra parte, se ve un aumento en los niveles de aflatoxinas y fumonisinas para la época lluviosa, lo cual tiene relación a lo descrito por Peña, Carmona y Valladares.

Al realizar el análisis que integre los factores que inciden en el desarrollo y los niveles de micotoxinas reportados para cada época de cosecha permite entender la relación de las variables entre si y su asociación a los casos.

En la figura 13, se puede observar que no hay una relación fuerte entre el nivel de fumonisinas y aflatoxinas. En cambio, si hay relación positiva entre las variables de fumonisinas, % humedad, sistema de almacenamiento en tapanco y tarima. Esto indica que al reunir estas características se puede dar la presencia de fumonisinas. Esta relación se puede observar en mayor proporción en Cobán (parte baja) y La Tinta. Por otro lado, la variable de aflatoxinas presenta una relación positiva, aunque no muy fuerte, con los sistemas de almacenamiento en tonel y saco; los municipios asociados a este tipo de relación son Chisec y Panzós. Finalmente, se observa una relación positiva entre los sistema de almacenamiento en troja y silo con mayor infestación por gorgojo y esto se puede observar con mayor frecuencia en Fray e Ixcán.

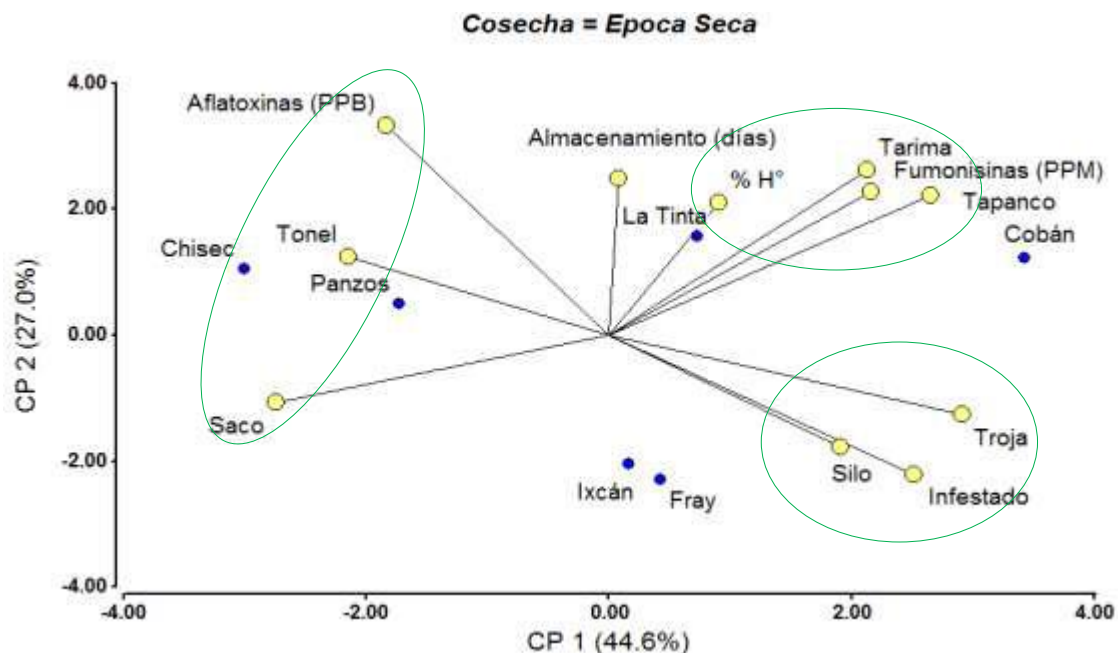


Figura 13: Análisis de componentes principales entre los sistemas de almacenamiento, % humedad, niveles de toxinas y nivel de infestación en época seca.

En la figura 14, se puede observar una relación más cercana en los niveles de aflatoxinas y fumonisinas en comparación con la relación presentada en la época seca. Además se observa una relación positiva entre las variables de fumonisinas, muestras infestadas y sistemas de almacenamiento en saco y tonel, esta relación se puede observar más en Chisec y Panzós. Por el contrario, se observa una relación positiva entre el % de humedad, días en almacenamiento y los sistemas de almacenamiento en tarima y tapanco, se puede observar esta relación en los municipios de Cobán y La Tinta. La variable de humedad y de aflatoxinas presentan una relación negativa la cual esta explicada por el componente dos.

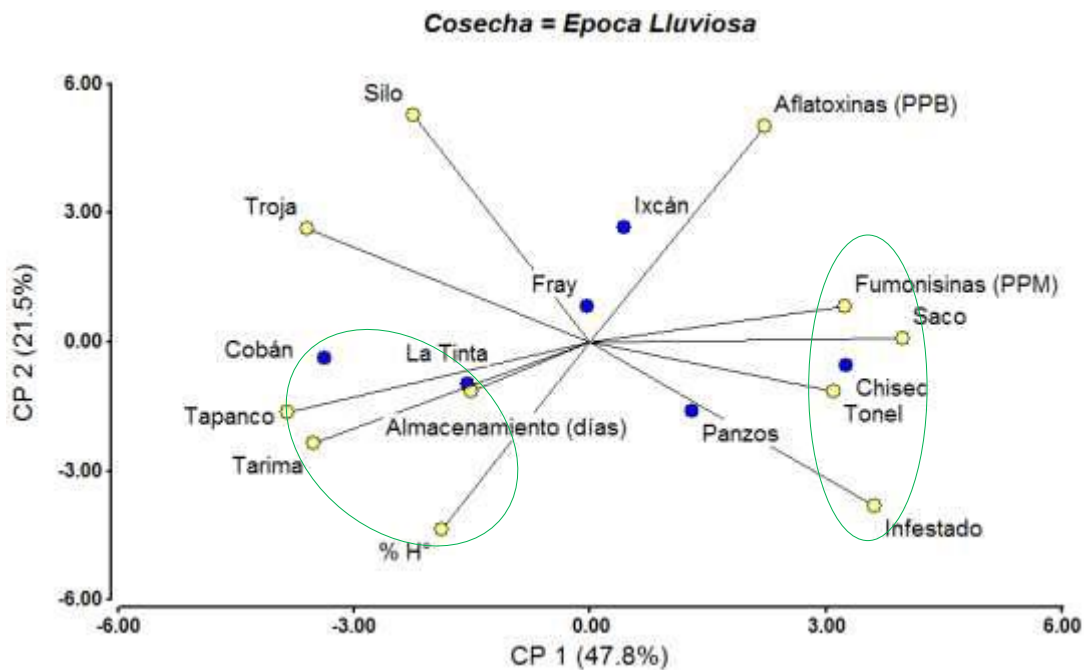


Figura 14: Análisis de componentes principales de variables de sistemas de almacenamiento, humedad, día de almacenamiento, infestación y niveles de aflatoxinas y fumonisinas en la época lluviosa.

La variable de días de almacenamiento y niveles de aflatoxinas y fumonisinas para la época seca no se observa una relación muy marcada, en cambio para la época lluviosa, se observa una relación negativa con fumonisinas principalmente. Fon-Fay, Barzola y Morán (2016), no encontraron diferencias en entre el nivel de aflatoxinas en los días de almacenamiento en silo. Sin embargo, si encontraron significancia en la ubicación del silo donde se tomó la muestra (lateral oeste, media y lateral este). En este estudio, los diferentes sistemas de almacenamiento encontrados fue una limitante en la toma de muestra de maíz, por lo cual no se puede inferir una relación como la reportada por Fon-Fay.

Con base en la diferencia de clima, manejo agronómico, tipo de maíz y métodos de almacenamiento se dividió los siete municipios en tres grupos: a) *Cobán*, contiene municipios de parte alta de Cobán y Carchá; b) *Franja Transversal del Norte* compuesto por Ixcán, Chisec, Fray y parte baja de Cobán; c) *Polochic* formado por Panzós y la Tinta. Se realizó la comparación de valores medios de Aflatoxinas y Fumonisinias por muestreo. Como se puede observar en la figura 14, los valores se incrementan en el segundo muestreo. Se realizó el análisis de Prueba T para muestras independientes con el fin de evaluar la diferencia entre las medias muestrales.

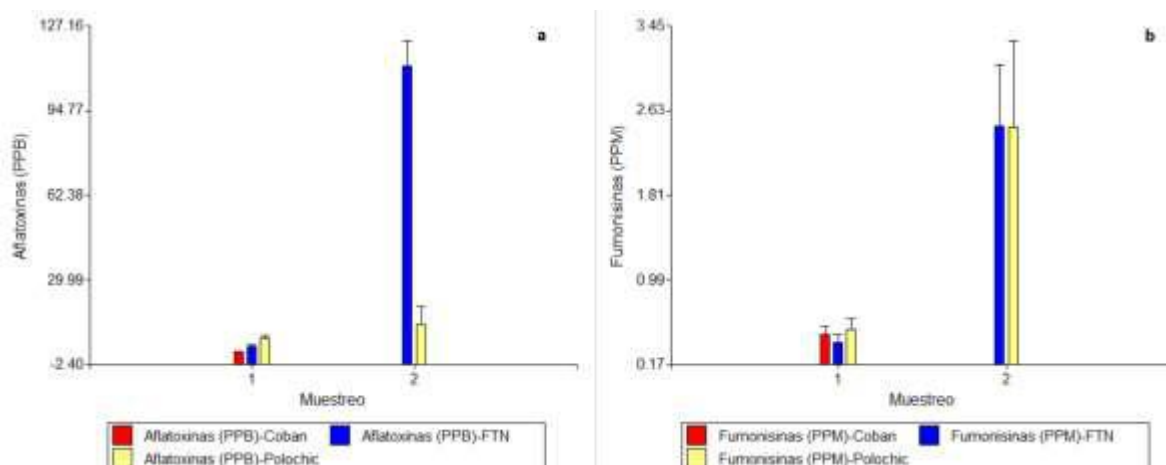


Figura 15: distribución de micotoxinas en los dos muestreos realizados en el área del proyecto, a) Distribución de Aflatoxinas, b) Distribución de Fumonisinias

Para aflatoxinas el valor  $p < 0.0001$  indica que hay diferencia entre las dos épocas de muestreo, las medias muestrales sugieren un incremento en la cantidad de aflatoxinas en la época de muestreo realizado durante los meses de octubre y noviembre. Para el caso de Fumonisinias el valor  $p = 0.0001$  expresa que los valores obtenidos del segundo muestreo incrementan de forma considerable (Tabla 5).

Tabla 5: Prueba de T para comparar las dos épocas de muestreo realizadas.

	Aflatoxinas (ppb)		Fumonisinias (ppm)	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
<b>muestreo</b>	1	2	1	2
<b>n</b>	62	38	62	38
<b>Media</b>	4.37	72.94	0.44	2.48
<b>pHomVar</b>	<0.0001		<0.0001	
<b>T</b>	-6.81		-4.23	
<b>p-valor</b>	<0.0001		0.0001	



Como se puede observar en la (figura 15) los valores de aflatoxinas incrementan de forma notoria en la Franja Transversal del Norte por lo cual se realizó una correlación de cantidad de aflatoxinas con las variables de calidad de grano: humedad (%), impurezas (%), grano dañado (%) y grano de color (%), a través de una regresión lineal múltiple de tipo *Stepwise*. Se determinó como variable dependiente los valores de aflatoxinas y calidad de grano como variables predictores. Se utilizó como valor máximo para entrar y retener en el modelo p-valor; 0.05. Mediante el análisis de regresión se estimó un valor de  $R^2$  de 0.64, esto permite determinar que existe una relación entre las variables cuantificadas.

La relación entre las variables de calidad de grano y valores de aflatoxinas en la Franja Transversal del Norte (Tabla 7). De las cinco variables predictoras que fueron analizadas, se retuvo en el modelo tres variables: humedad (%), impurezas (%) y grano de color (%) esto indica que registraron correlación con la variable dependiente (Aflatoxinas) de forma positiva. El modelo obtenido por medio de la prueba de regresión múltiple Stepwise fue:  $Y = -207.4 + 5.07a + 14.61b + 12.99c$

*Tabla 6: Coeficientes de regresión lineal múltiple, Selección Stepwise para la variable Aflatoxinas (ppb)*

<b>Coeficientes</b>	<b>Estimación</b>	<b>E.E.</b>	<b>T</b>	<b>p-valor</b>	<b>CpMallows</b>
<b>constante</b>	-207.4	65	-3.19	0.0032	
<b>% grano de color</b>	5.07	1.49	3.4	0.0019	14.21
<b>% H</b>	14.61	4.37	3.35	0.0022	13.88
<b>% Impurezas</b>	12.99	4.63	2.81	0.0086	10.66

**Error cuadrático medio: 1580**

En la figura 16 se puede observar que la relación expresada entre la cantidad de aflatoxinas y el porcentaje de grano de color, es de forma directa positiva. Lo cual indica que al incrementar el porcentaje de granos de diferente color la cantidad de aflatoxinas incrementa. La humedad tiene una relación directa positiva, la presencia de alta humedad en grano favorece el incremento de los valores de aflatoxinas. El porcentaje de impurezas influye en la cantidad de aflatoxinas de forma directa positiva, en la figura 3 se puede observar la relación directa positiva presente entre las variables predictores, es importante resaltar que se deber realizar un incremento de muestras y repeticiones para aportar precisión a dicho modelo

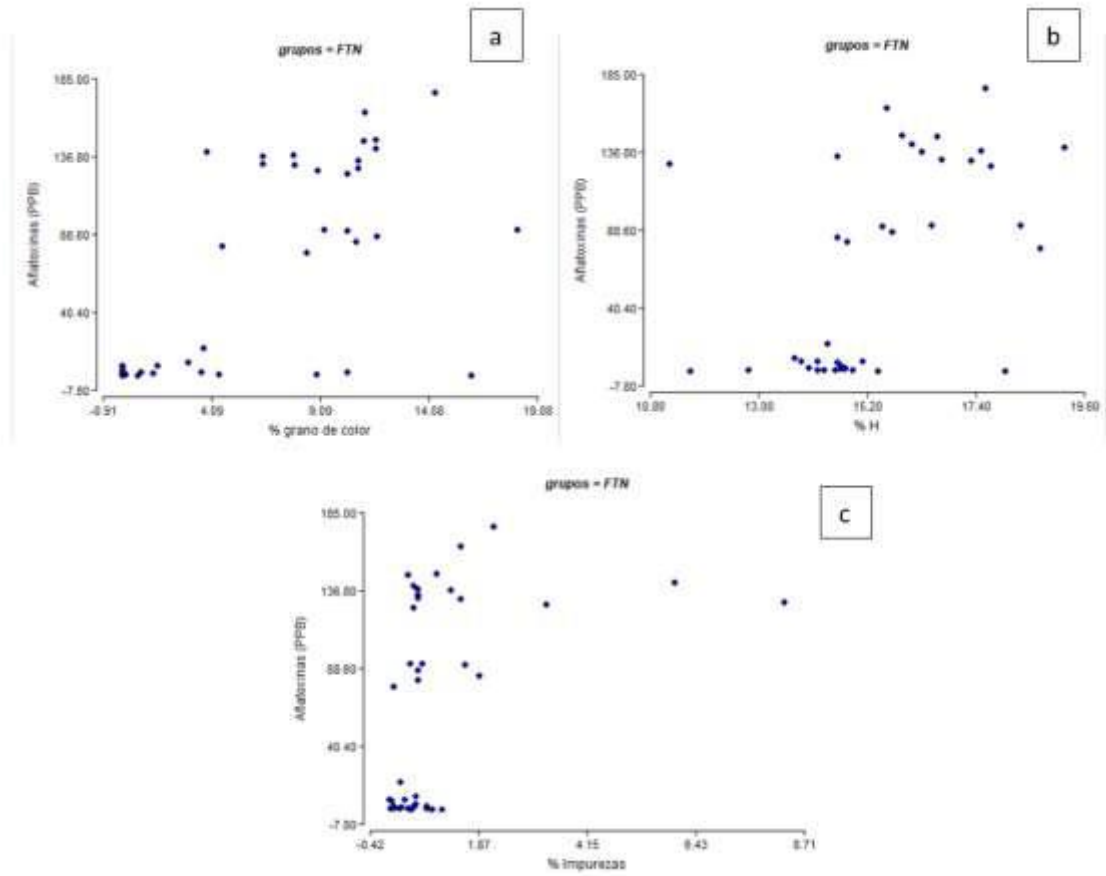


Figura 16: Diagrama de dispersión de aflatoxinas y variables de calidad de grano, a) porcentaje de granos de color, b) porcentaje de humedad, c) porcentaje de impureza

## 10 Conclusiones

- Este estudio permitió caracterizar las prácticas pos cosechas, en donde se determinó que solo el 40% de los agricultores indican que ha recibido algún tipo de capacitación en este tema. Prácticas como el doblado de planta solo lo realiza el 43% de las personas entrevistadas, el resto indican que conocen la práctica pero no la realizan porque genera pérdida de peso en el grano y provoca mal llenado de la mazorca. En cuanto al control de humedad de cosecha, los agricultores no tiene un método técnico para definir el momento oportuno para realizar la cosecha. Generalmente definen la fecha a través de observación de la planta y mazorca, algunos por la facilidad de desgrane, otros por el sonido que genera el maíz al moverlo, otros calculan los días a cosecha de acuerdo a la fecha de siembra y un grupo espera de 30 a 40 días posterior al doblado de la planta. Sin embargo, ninguno de estos métodos ofrece un dato confiable. El método de cosecha más utilizado es con tuza y esto está relacionado a los sistemas de almacenamiento utilizados principalmente para los municipios de Carchá, Cobán, La tinta y parte de Panzós. Para los municipios de Chisec, Ixcán, una proporción de Fray y Panzós, realizan la cosecha sin tuza o si la realizan con tuza la eliminación la realizan al momento del desgrane que generalmente es mecanizado. Esto municipios también se caracterizan por realizar la cosecha, desgrane y venta el mismo día. Para los otros municipios la eliminación de tuza y desgrane lo realizan de acuerdo al consumo. Posterior a la cosecha, solo el 22% de los agricultores indican que realizan un proceso de secado del grano y esto se realiza principalmente unido al sistema de almacenamiento de tapanco en los municipios de Cobán, Carchá y la Tinta principalmente. En cuando a sistemas de almacenamiento, se identificaron ocho tipos en la región, además, observó que en un hogar se encontraba hasta tres o cuatro sistemas.
- La calidad de grano está determinado por el tipo de semilla, el manejo agronómico y las prácticas de pos cosecha. Los datos obtenidos de las muestras recolectadas no superan los límites permitidos por la norma COGUANOR NGO 34 047. A pesar que los días promedios mínimos de almacenamiento eran 11, el % de humedad del grano a nivel general no logro cumplir con la norma de 13%. Asimismo, los valores del % de granos de otro color solo lo lograron cumplir los municipios de Ixcán y Chisec, los demás los valores superaron la norma permitida de 5%. Esto está muy relacionado con el uso de semillas criollas y el cultivo de dos o tres colores en el mismo sistema de producción lo cual favorecía a la polinización cruzada. Otro aspecto importante, es la presencia de gorgojo en las muestras, a nivel general el 51% de las muestras estaban infestadas, está es la principal plaga de almacén, de difícil control y se encuentran en todos los sistemas de almacenamiento.

- Los resultados obtenidos del análisis de aflatoxinas y fumonisinas determinan la presencia simultánea de las dos micotoxinas en todos los municipios y en las dos épocas de muestreo. Estos datos son preocupantes ya que como se ha indicado, hay evidencia de la interacción de ambas para potencializar los efectos cancerígenos. En áreas con un ciclo de producción al año y áreas que realizan la cosecha en época seca, los niveles de ambas micotoxinas no superan los límites permitidos para consumo según COGUANOR y OMS, sin embargo, se ve un aumento considerable en los niveles de ambas para la cosecha en época de lluvia. Además, se determinó que para la época seca no existe una relación la incidencia de ambas toxinas, lo que si se evidenció en la época de lluvia. Por otro lado, se observó que para la época seca, las aflatoxinas estaban relacionadas con los sistemas de almacenamiento de saco y tonel; las fumonisinas con el sistema de tapanco y tarima, y mayor presencia de gorgojo en los sistemas de silo y troja. Por el contrario, para la época de lluvia, se observó solamente una relación estrecha entre las fumonisinas y los sistemas de saco y tonel.
- La prueba T permitió identificar diferencia significativa entre la presencia de aflatoxinas en las muestras obtenidas en la época seca y la época de lluvia. Esto indica que las condiciones ambientales son un factor determinante en el desarrollo y proliferación de hongos productores de micotoxinas. En este estudio, no se incluyó la medición de variables como humedad y temperatura, sin embargo, si se puede observar un aumento de ambas micotoxinas cuando estas variables cambian por las condiciones ambientales en la época.

## **11 Recomendaciones**

- Las prácticas de cosecha, pos cosecha y de almacenamiento identificados brindan información sobre la situación actual de los sistemas de producción de los agricultores. Al conocer la relación que tienen con el desarrollo de micotoxinas, es importante tomar en cuenta la información recaba en este informe y accionar en dos vías. El primero sería, un sistema de capacitación y/o asistencia técnica en prácticas de manejo de pos cosecha para los agricultores, para reducir las condiciones para el desarrollo de los hongos mico tóxicos. Por otro lado, al conocer la problemática, se puede establecer un programa de investigación para desarrollar tecnologías adecuadas de almacenamiento, métodos de control de gorgojo, prácticas de determinación de humedad de grano y secado de grano, adecuadas a las condiciones ambientales y culturales de los agricultores.
- Otro aspecto que se observó durante el proceso de investigación y que no se registró, fue el poco conocimiento por parte de los agricultores de las micotoxinas. Esto es un factor importante para la sensibilización de los agricultores en adoptar prácticas y tecnologías que reduzcan las condiciones para el desarrollo de las micotoxinas. Las

personas se mostraron abiertas a compartir su experiencia al momento de indicarles los efectos que estas toxinas provocan en la salud. Es por ello, que se recomienda que cualquier intervención que se realice con el fin de mejorar las prácticas siempre haya un proceso de información hacia el agricultor sobre los factores que lo provocan, como sus prácticas puede ayudar a reducir la incidencia y los efectos en la salud que puede ocasionar el consumo de maíz contaminado.

- Por el momento, solo el estudio realizado por Torres en el 2013 indica una relación entre el consumo de maíz contaminado con aflatoxinas y el retardo en talla en niños. Sin embargo, dada la incidencia aflatoxinas y fumonisinas reportadas en este estudios y los reportados por Torres. Es recomendable hacer estudios en esta zona para ver la relación entre el consumo de maíz contaminado y la prevalencia de algún tipo de afección en la salud que esté relacionado con las micotoxinas.

## 12 Literatura citada

- Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer [IARC]. (2015). *Control de las micotoxinas en los países de ingresos bajos y medios: Informe de grupos de trabajo 9*. (C. Wild, J. Miller, & J. D. Groopman, Edits.) Francia: Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer.
- Castillo Urueta, P., & Durán de Bazúa, C. (2006). Las micotoxinas: metabolitos secundarios de los hongos filamentosos. *Ciencia Tecnología y Sociedad*, 122-128.
- Chavarri, M., Luzón, O., Mazzaní, C., González, C., Alezones, J., & Garrido, M. (2009). Mohos toxigénicos y micotoxinas en maíz de grano blanco cosechado bajo riego en los estados de Yaracuy y Portuguesa, Venezuela. *Fitopatol. Venez*, 22:1-7.
- Barroyeta, J., Chavarri, M., Rumbos, Nohants, Garrido, M. J., & Mazzani, C. (2013). *Micobiota toxicogénica y Aflatoxinas en granos de maíz blanco provenientes de los estados Yaracuy y Guárico, Venezuela*. Maracay, Aragua, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Química y Tecnología, Laboratorio de Micotoxicología.
- Bucio Villalobos, C. M., Martínez Jaime, O. A., & Morales González, R. (2003). *Contaminación con Hongos en Maíz Recién Cosechado en el Estado de Guanajuato durante el año 2003*. México: Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato, Unidad de Estudios Superiores de Salvatierra de la Universidad de Guanajuato.

- de la Torre Hernández, E., Sánchez Rangel, D., Galeana Sánchez, E., & Plasencia de la Parra, J. (2014). Fumonisin- Síntesis y Función en la Interacción Fusarium verticillioides Maíz. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 79-81.
- Duncan, K., & Howard, R. (2010). Biology of maize kernal infection by Fusarium verticillioides. *Mol.Plant-Microbe Interact*, 23:6-16.
- Fon-Fay Vásquez, F. M., Barzola Miranda, S. E., & Morán Bajaña, J. (2016). *La prevalencia de Aspergillus spp. y aflatoxinas en Zea mays L.(maíz) almacenado en silos, en Ecuador*. Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Universidad Agraria del Ecuador,.
- Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. (2013). Zearalenona. *Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria*, 1-2.
- Franco Rossal, G. M. (2015). *Elaboración de un mapa de clasificación climática para Guatemala*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Hernández Delgado, S., Reyes López, M. Á., García Olivares, J. G., & Mayek Pérez, N. (2007). Incidencia de hongos potencialmente tóxicos en maíz (*Zea mays L.*) almacenado y cultivado en el Norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(2):127-133.
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 nd ed.). México D.F.: McGraw-Hill Education.
- Hincapié Llanos, C. A., Lopera Arango, D., & Ceballos, G. M. (2008). *Actividad insecticida de extractos de semilla de Annona muricata (Anonaceae) sobre Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae)*. Colombia: Revista Colombiana de Entomología.
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2013). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH]. (4 de Abril de 2017). *Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología*. Obtenido de Zonas climáticas de Guatemala: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/zonas%20climaticas.htm>
- Lafitte, H. (1993). *Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo*. México, D.F.: CIMMYT.
- López Naranjo, L. M. (2013). *Principales micotoxicosis asociadas al consumo de maíz y sus subproductos*. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista.

- MAGA. (s.f.). *Hoja de balance y abastecimiento de: maíz, período 2016/2017*. Guatemala, Guatemala.
- Martínez Padrón, H. Y., Hernández Padrón, S., Reyes Méndez, C. A., & Vázquez Carrillo, G. (2013). El Género *Apergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 126-129.
- Martínez, M., Moschinim, R., Barreto, D., Bodega, J., Comerio, R., Forjan, H., . . . Valentinuz, O. (2010). Factores ambientales que afectan el contenido de fumonisina en granos de maíz. *Tropical Plant Pathology*, 35(5):277-284.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación [MAGA]. (2016). *Situación del maíz blanco*. Guatemala: Dirección de Planeamiento.
- Murrillo, L., & Cavallarin, B. S. (1999). Cytology of infection of maize seedlings by *fusarium verticillioides* and immunolocalization of the pathogenesis-related PRms protein. *Phytopathology*, 89:737-747.
- Obrador Rousseau, J. (16 de Diciembre de 1984). *FAO. Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/x5051s/x5051s03.htm#3.%20Cosecha%20de%20ma%C3%ADz>
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2018). *Exposición conjunta a fumonisinas y aflatoxinas*. Departamento de Inocuidad de los Alimentos y Zoonosis.
- Oren, L., Ezrati, S., Cohen, D., & Sharon, A. (2003). Early events in the *fusarium verticillioides* maize interaction characterized by using green fluorescent protein-expressing transgenic isolate. *Appl. Environ. Microbiol.*, 99:1695-1701.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (4 de Abril de 2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Ravelo Abreu, A., Rubino Armendáriz, C., Gutierrez Fernández, A. J., & Hardisson de la Torre, A. (2011). La ocratoxina A en alimentos de consumo humano: revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 1-2.
- SUREGOLD®. (5 de Abril de 2017). *SUREGOLD®*. Obtenido de *Aspergillus pudrición de la mazorca*: <http://bamagro.com.mx/interior/contenido%20paginas/Suregold/index.html>
- Torres Sánchez, L., & López Carrillo, L. (2010). Consumo de fumonisinas y daños a la salud humana. *Salud pública de México*, 52(5):461-467.

Torres, O. R. (2013). *Determinación, caracterización y evaluación de aflatoxinas que influyen en el retardo de talla para edad en niños de Guatemala*. Guatemala, Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología y Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Torres, O. R., Merrill, A., Riley, R., Sáenz de Tejada, S., Matute, J., Martínez, C., & Calzia de Molina, R. (2000). *Evaluación de métodos para descontaminar maíz con micotoxinas a nivel de hogar en una comunidad indígena del altiplano de Guatemala*. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Vega Ortiz, V. (2012). *Hongos Micotoxigénicos y Aflatoxinas en Granos de Maíz de Diferentes Orígenes Geográficos de la República Mexicana*. Buena Vista: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

### 13 Anexos

*Anexo 1: Tabla de frecuencias absolutas sobre la distribución de la tenencia de la tierra por municipio.*

Municipio	Alquilada	Prestada	Propia	Propia Alquilada	Total
Carcha	2	0	10	1	13
Chisec	1	1	4	3	9
Cobán	2	0	8	2	12
Fray	3	2	8	0	13
Ixcán	0	0	10	3	13
La Tinta	4	4	4	0	12
Panzós	4	1	11	1	17
Total	16	8	55	10	89

*Anexo 2: Tabla de contingencia sobre el uso del tipos de semillas de acuerdo al municipio.*

Municipio	Criollo	Híbrido	Híb-Cri	Híb-Var	Híb-Var-Cri	Variedad	Var-Cri	Total
Carcha	13	0	0	0	0	0	0	13
Chisec	5	1	2	0	1	0	0	9
Cobán	12	0	0	0	0	0	0	12
Fray	8	1	1	0	1	0	2	13
Ixcán	3	4	6	0	0	0	0	13
La Tinta	8	0	0	2	1	1	0	12
Panzós	10	2	1	0	1	2	1	17
Total	59	8	10	2	4	3	3	89

Estadístico Chi Cuadrado de Pearson, Valor: 69.01, gl: 36, p: 0.0008



*Anexo 3: Práctica del doblado de planta de acuerdo al municipio.*

<b>Practica de doblado de la planta</b>				
<b>Municipio</b>	<b>No</b>	<b>Segundo ciclo</b>	<b>Todos los ciclos</b>	<b>Total</b>
Carcha	6	0	7	<b>13</b>
Chisec	0	1	8	<b>9</b>
Cobán	8	1	2	<b>11</b>
Fray	5	2	6	<b>13</b>
Ixcán	0	3	9	<b>12</b>
La Tinta	7	4	1	<b>12</b>
Panzós	8	5	4	<b>17</b>
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>37</b>	<b>87</b>

Estadístico Chi Cuadrado de Pearson, Valor: 33.30, gl: 12, p: 0.0009

*Anexo 4: Tabla de contingencia de relación entre los municipios y su forma de cosecha*

<b>Municipio</b>	<b>Con tuza</b>	<b>Sin tuza</b>	<b>Total</b>
<b>Carcha</b>	13	0	13
<b>Chisec</b>	0	9	9
<b>Cobán</b>	11	1	12
<b>Fray</b>	5	8	13
<b>Ixcán</b>	1	12	13
<b>La Tinta</b>	11	1	12
<b>Panzós</b>	7	10	17
<b>Total</b>	48	41	89

Estadístico Chi Cuadrado de Pearson, valor: 48.98, gl: 6 y p: 0.0001

*Anexo 5: Tabla de contingencia entre la variable de métodos de desgrane y municipio*

<b>Municipio</b>	<b>Aporreado Manual</b>	<b>Aporreado Mecanizado</b>	<b>Manual</b>	<b>Manual Mecanizado</b>	<b>Mecanizado</b>	<b>Total</b>
<b>Carcha</b>	0	0	13	0	0	13
<b>Chisec</b>	2	1	0	0	5	9
<b>Cobán</b>	0	1	10	0	0	11
<b>Fray</b>	6	2	5	0	0	13
<b>Ixcán</b>	1	0	0	1	9	12
<b>La Tinta</b>	0	0	12	0	0	12
<b>Panzós</b>	1	0	10	0	2	15
<b>Total</b>	10	4	50	1	16	85

Estadístico Chi Cuadrado de Pearson, valor: 95.89, gl: 30 y p: 0.0001



*Anexo 6: Proceso de recolección de muestra. a y b) desgrane, c) cuantificación de humedad de grano, d) empaque, e) identificación de muestra y preparación para transporte*







g



h



*Anexo 7: Métodos de almacenamiento de maíz en el área Norte de Guatemala. a) Coigado de mazorca sin tusa se utiliza principalmente en Cobán y Carchá. b) Coigado de mazorca con tusa este método es utilizado en Carchá. c) Cajón con almacenamiento de mazorca sin tusa en Fray Bartolomé de las Casas. d) Cajón de almacenamiento de mazorcas con tusa, almacenamiento observado en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas. e) Almacenamiento en tarima fuera del hogar esta forma de almacenamiento se observó en Cobán, Carchá, La Tinta y Panzós. f) Almacenamiento en tarima dentro de la casa esta forma de almacenamiento se observó en Cobán, Carchá, La Tinta y Panzós. g) Almacenamiento en sacos dentro del hogar, método de almacenamiento observado en Carchá, Chisec, Fray Bartolomé de las Casas e Ixcán. h) Utilización de tapanco para secado y almacenamiento de mazorca con tusa este se utiliza principalmente en los municipios de Carchá, Cobán y La Tinta. i) Silo plástico. j) silo metálico la utilización se silo se observó en todos los municipios visitados, presentándose con más frecuencia en Ixcán. k) almacenamiento en toneles presente en Ixcán y Carchá.*



Anexo 8: Determinación de las variables de calidad física: % de granos de otro color, % de granos dañados y % de impurezas



**MYCOTOX LAB.**

Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros

**INFORME RESULTADOS LABORATORIO  
MICOTOXINAS**

**SOLICITUD No. 8149**

**Empresa:** IICA - CRIA  
**Dirección:** 7a. Avenida 14-44, zona 9, Edif. La Galería, 4o. Nivel, Of. 402  
**Remitido por :** Srita. Veronica Tax.  
**Teléfonos:**  
**Fecha de ingreso:** 12/06/2018  
**Fecha de egreso:** 18/06/2018  
**Muestra:** MAIZ BLANCO.  
**Número de muestras enviadas:** - 1-  
**Análisis solicitado** MICOTOXINAS  
**Muestra tomada por:** CLIENTE.

Muestra No	Código	Nombre	Aflatoxinas Totales (PPB)	Fumonisina (PPM)
1	16070101	Mariano Choc	5.07	1.45
2	16070201	Maria Elena Caal Garcia	6.12	0.4
3	16070301	Manuel Chuc Choc	4.23	0.17
4	16070501	Fredy Rodolfo Mo Ac	5.27	0.05
5	16070601	Alejandro Choc Coc	16.54	0.89
6	16070701	Reginaldo Choc Coc	17.33	0.74
7	16070801	Elvira Tot	9.45	0.12
8	16161601	Flor Mucu	4.91	0.26
9	16161701	Matilde Bej	6.68	0.24
10	16161801	Maria Ac Bal	8.21	0.31
11	16161901	Elvira Co Tul	5.16	0.28
12	16082001	Elvira Margarita Choc Beb	4.91	0.16
13	16081001	Hodia Ba	4.41	0.69
14	16081101	Dominga Coc	11.97	1.23
15	16132301	Saque Flores Suruy	4.71	0.17
16	16132401	Pedro Lopez	6.87	0.02
17	16132501	Tabita Elizabet Lopez Flores	6.52	0.72
18	16132601	Lucia Caal	7.15	0.43
19	16132701	Candelaria Flores	9.23	0.23
20	16132801	Eliazar Caal Enriquez	18.22	0.16
21	16132901	Eduardo Caal Enriquez	6.84	0.36

*Anexo 9: Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinas en muestras de grano de maíz recolectado en los lugares de Panzós, La Tinta y Chisec durante el primer muestreo.*





## MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros

### INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8173

Empresa: **IICA - CRIA**  
Dirección: **7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402**  
Remitido por : **Srita. Verónica Tax.**  
Teléfonos: [vmtax.570@gmail.com](mailto:vmtax.570@gmail.com)  
Fecha de ingreso: **04/07/2018**  
Fecha de egreso: **16/07/2018**  
Muestra: **MAIZ**  
Número de muestras enviadas: **-29-**  
Análisis solicitado **MICOTOXINAS**  
Muestra tomada por: **CLIENTE.**

Muestra No.	Código	Nombre	Aflatoxinas Totales (PPB)	Fumonisinina (PPM)
22	14203001	Bernardo Choc	2.73	0.28
23	14203101	Jose Garcia	1.18	0.17
24	14203201	Ramelo Alvarado Trinidad	1.64	0.21
25	16013301	Vicente Coy	0.96	0.52
26	14203401	Daniel Chuj	2.33	0.77
27	14203501	Pedro Tomas Gaspar	2.07	0.09
28	14203601	Carlos Osla	2.41	0.36
29	16153801	Urbano Lopez Reyes	3.08	0.24
30	16153901	Esperanza Co Yat	1.49	0.18
31	16154001	Bertilia Asig Caal	1.63	0.32
32	16154102	Elias Tiul	1.85	0.27
33	16154201	Estefana Xol	3.16	0.38
34	16154301	Pedro Cucul Choc	1.15	0.09
35	16154401	Pedro Coc Xol	1.88	0.07
36	16094501	Irmia Yolanda Paa Tux	0.37	0.13
37	16094601	Ricardo Pop	2.17	0.31
38	16094701	Héctor Ba Maquim	1.26	0.15
39	16094801	Jorge Amilcar Caal	3.16	0.72
40	16094901	Federico Caal	2.72	0.53
41	16095001	Guadalupe Caal Ica	1.08	0.41
42	16095101	Aurelia Rax Pop	1.62	1.02
43	16095201	Pablo Tiul	2.71	0.16
44	16095301	Lucia Tzi	1.24	0.29

 **MYCOTOX LAB.**  
Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros  
2a. Avenida 33-00, Zona 12  
Col. El Carmen, Cond. El Carmen  
Casa # 4, Tel.: 2485-7128  
Tels.: 5206-7173, 2442-1240  
2216.5555

[www.mycotoxlab.com](http://www.mycotoxlab.com)

Anexo 10: Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisininas en muestras de grano de maíz recolectado en los lugares de Ixcán, Fray Bartolomé de las Casas y Carchá durante el primer muestreo.



## MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros

Muestra No.	Código	Nombre	Aflatoxinas Totales (PPB)	Fumonisina (PPM)
45	16095401	Francisco Pop Coc	1.44	0.27
46	16095501	Agustín Cucul	3.68	1.16
47	16095601	Hilario Cucul	2.04	0.05
48	16095701	Martha Alicia Xo Cucul De Cruz	1.59	0.52
49	16095801	Verónica Choc Caal	2.37	0.81
50	16071501	Romero Rolando Coc Cucul	1.41	0.53

ULTIMA LINEA

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas AOAC 990.34)  
ND = No detectado.

  
Dra. Sunny Paola Morataya A.  
Mycotox Lab.

### Observaciones:

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

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

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

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

### Condiciones Generales:

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

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

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

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

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

cc/Archivo

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

[www.mycotoxlab.com](http://www.mycotoxlab.com)

Anexo 11: Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinas en muestras de grano de maíz recolectado en los lugares de Carchá durante el primer muestreo.





## MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros

### INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8210

**Empresa:** IICA - CRIA  
**Dirección:** 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402  
**Remitido por :** Srita. Verónica Tax. [vmtax570@gmail.com](mailto:vmtax570@gmail.com)  
**Teléfonos:** 5118-1939  
**Fecha de ingreso:** 16/08/2018  
**Fecha de egreso:** 21/08/2018  
**Muestra:** MAIZ  
**Número de muestras enviadas:** -12-  
**Análisis solicitado:** MICOTOXINAS  
**Muestra tomada por:** CLIENTE.

Muestra No.	Código	Nombre	Aflatoxinas Totales (PPB)	Fumonisina (PPM)
51	16017001	Arturo Pop	2.14	0.06
52	16017101	Ana Delfina Paan Chub	4.88	1.17
53	16017201	Marcelino Seb	2.86	1.27
54	16017301	Aroldo Leal	9.71	1.40
55	16017401	Domingo Tot Coy	3.16	0.86
56	16017501	Marcelino Rax Chub	3.87	0.14
57	16017601	Josefa Choc	1.51	0.72
58	16017701	Ana María Yaxcal Tot	1.12	0.21
59	16018101	Jorge Arturo Xococ	2.72	1.08
60	16017801	Otilia Ienai	4.98	0.07
61	16017901	Erlinda Bac	5.79	0.15
62	16018001	Gudelia Cue Coy	1.77	0.08

ULTIMA LINEA

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas AOAC 990.34)  
ND = No detectado.

Dra. Sully Paola Morataya A.  
Mycotox Lab.

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

#### Observaciones:

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

Anexo 12: Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinias en muestras de grano de maíz recolectado en los lugares de Cobán, durante el primer muestreo.



## MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros

### INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS


SOLICITUD NO. 8267

**Empresa:** IICA - CRIA  
**Dirección:** 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402  
**Remitido por :** Inga. Verónica Tax.  
**Teléfonos:** 5118-1939 [vmtax.570@gmail.com](mailto:vmtax.570@gmail.com)  
**Fecha de ingreso:** 08/11/2018  
**Fecha de egreso:** 13/11/2018  
**Muestra:** MAIZ  
**Número de muestras enviadas:** -17-  
**Análisis solicitado:** MICOTOXINAS  
**Muestra tomada por:** CLIENTE.

Muestra No.	Código	Nombre Agricultor	Municipio	Aflatoxinas Totales (PPB)	Fumonisina (PPM)
1	63	Patricia Quej Ix	Panzos	1.68	0.44
2	64	Mariano Choc	Panzos	1.07	0.19
3	65	Maria Elena Caal Garcia	Panzos	0.71	0.16
4	66	Fredy Rodolfo Mo Ac	Panzos	0.58	0.31
5	67	Alejandro Choc Coc	Panzos	4.31	1.65
6	68	Reginaldo Choc Coc	Panzos	3.72	0.65
7	69	Elvira Tot	Panzos	19.34	4.18
8	70	Romero Rolando Coc	Panzos	102.55	8.39
9	71	Flor Mucu	La Tinta	18.76	3.83
10	72	Matilde Bej	La Tinta	0.29	9.36
11	73	María Ac Bal	La Tinta	0.84	0.22
12	74	Elvira Co Tul	La Tinta	1.17	0.08
13	75	Elvira Margarita Choc Beb	La Tinta	2.14	0.76
14	76	Hodia Ba	La Tinta	3.47	0.23
15	77	Dominga Coc	La Tinta	34.88	6.56
16	78	Marcelino Seb	Cobán	0.99	0.24
17	79	Aroldo Leal	Cobán	2.17	0.31
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas A0AC990.34)

ND = No detectado

  
Dra. Sunny Paola Morataya A.  
Mycotox Lab.

[www.mycotoxlab.com](http://www.mycotoxlab.com)

 **MYCOTOX LAB.**  
Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros  
2a. Avenida 33-00, Zona 12  
Col. El Carmen, Cond. El Carmen  
Casa # 4, Tel.: 2485-7128  
Tele: 6998 7122, 2412 1022

Anexo 13: Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinas en muestras de grano de maíz recolectado en los lugares de Panzós y La Tinta durante el segundo muestreo.



# MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos  
Micotoxinas y Otros

## INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8299

**Empresa:** IICA - CRIA  
**Dirección:** 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402  
**Remitido por :** Ingeniera Verónica Tax.  
**Teléfonos:** 5118-1939 [vmtax570@gmail.com](mailto:vmtax570@gmail.com)  
**Fecha de ingreso:** 27/11/2018  
**Fecha de egreso:** 05/12/2018  
**Muestra:** MAIZ  
**Número de muestras enviadas:** -21-  
**Análisis solicitado:** MICOTOXINAS  
**Muestra tomada por:** CLIENTE.

Muestra No.	Código	Nombre	Aflatoxinas Totales (PPB)	Fumonisina (PPM)	
1	80	16138002	Saqueo Flores Suruy	146.84	8.51
2	81	16138102	Pedro Lopez	87.15	0.26
3	82	16138202	Tabita Elizabeth Lopez Flores	136.77	3.27
4	83	16138302	Lucia Caal	176.24	9.16
5	84	16138402	Candelaria Flores	141.58	3.79
6	85	16138502	Eliazar Caal Enriquez	91.18	0.52
7	86	16138602	Eduardo Caal Enriquez	90.94	0.63
8	87	14208702	Bernardo Choc	163.72	7.88
9	88	14208802	Jose Garcia	146.43	0.87
10	89	14208902	Ramelo Alvarado Trinidad	84.12	0.24
11	90	16019002	Vicente Coy	126.15	0.48
12	91	14209102	Daniel Chuj	129.62	0.57
13	92	14209202	Pedro Tomas Gaspar	134.25	4.88
14	93	14209302	Carlos Osla	131.43	3.76
15	94	16159402	Urbano López Reyes	137.16	3.24
16	95	16159502	Esperanza Co Yat	77.24	0.37
17	96	16159602	Bertilía Asi Caal	81.08	0.42
18	97	16159702	Elias Tiul	139.74	3.62
19	98	16159802	Estefana Xol	128.16	3.15
20	99	16159902	Pedro Cucul Choc	91.18	0.35
21	100	161510002	Pedro Coc Xol	132.05	0.54
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas A0AC990.34)  
 ND = No detectado


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

  
 Dra. Sunny Paola Morataya A.  
 Mycotox Lab.

www.mycotoxlab.com

Anexo 7: Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinias en muestras de grano de maíz recolectado en los lugares de Chisec, Ixcán, Fray Bartolomé de las Casas durante el segundo muestreo.



**CRIA**

*Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria*

