

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS EN MAÍZ (*Zea mays* Vell) ALMACENADO EN
TAPANCOS DIAGNÓSTICO EN TRES COMUNIDADES Y SERVICIOS EN 13
COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE TACANÁ, DEL DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS, GUATEMALA, C.A.**

PABLO ALEJANDRO DÍAZ LÓPEZ

GUATEMALA, ENERO DE 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS EN MAÍZ (*Zea mays* Vell) ALMACENADO EN
TAPANCOS DIAGNÓSTICO EN TRES COMUNIDADES Y SERVICIOS EN 13
COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE TACANÁ, DEL DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

PABLO ALEJANDRO DÍAZ LÓPEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, ENERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	Per. Electr. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, ENERO DE 2019

Guatemala, enero de 2019

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el **Trabajo de graduación: Determinación de aflatoxinas en maíz (*Zea maíz Vell*) almacenado en tapancos diagnóstico en tres comunidades y servicios en 13 comunidades del municipio de Tacaná, del departamento de San Marcos, Guatemala, C.A.** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Deferentemente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

PABLO ALEJANDRO DÍAZ LÓPEZ

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios

Por acompañarme, guiarme y bendecir con sabiduría e inteligencia en todo momento.

Mis padres

William Edilzar Díaz Gómez y Olga Nineth López Gonzáles por su apoyo incondicional, sus consejos y sacrificios que me brindaron en el transcurso de mi carrera.

Mis hermanos

William Leonardo Díaz López, Willy Samuel Díaz López y Juan Daniel Díaz López por animarme y motivarme a seguir adelante.

Mi esposa e hijo

María Fernanda Navas Gordillo, Pablo Manuel Díaz Navas por apoyarme siempre y ser la prioridad en mi vida.

Mis abuelos

Fausto Díaz, Olga Gonzales por sus consejos compartidos.

Mis amigos y amigas

Por su amistad y apoyo; con aprecio.

AGRADECIMIENTOS

Mi casa de estudios

Universidad de San Carlos de Guatemala especialmente a la Facultad de Agronomía por brindarme las herramientas académicas necesarias.

Mi supervisor

Ing. Silvel Elías por su apoyo.

Mi asesor

Dr. Ezequiel López por sus consejos de motivación y apoyo brindado.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO)

Por darme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-.

Programa Mundial de Alimentos (PMA)

Por su apoyo y acompañamiento en la realización de los análisis de laboratorio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA

CAPÍTULO I 1

DIAGNÓSTICO DE TRES CENTROS DE APRENDIZAJE PARA EL DESARROLLO RURAL (CADER) EN TRES COMUNIDADES, PRIORIZADAS POR EL PROGRAMA CONJUNTO EN EL MUNICIPIO DE TACANÁ DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, GUATEMALA C.A.....		1
1.1	INTRODUCCIÓN	3
1.2	MARCO TEÓRICO.....	4
1.2.1	Marco Referencial	4
1.2.2	Marco Conceptual	6
1.3	OBJETIVOS	12
1.3.1	Objetivo General	12
1.3.2	Objetivos Específicos	12
1.4	METODOLOGÍA.....	13
1.5	RESULTADOS	15
1.5.1	CADER CANTÓN VALLE VERDE.....	15
1.5.2	CADER CANTÓN COHATÁN.....	21
1.5.3	CADER ALDEA SAJQUIM	27
1.6	CONCLUSIONES.....	33
1.7	RECOMENDACIONES	34
1.8	BIBLIOGRAFÍA	35
2	CAPÍTULO II.....	37
DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS EN MAÍZ (<i>Zea maíz Vell</i>) ALMACENADO EN TAPANCOS EN TRES COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE TACANÁ, DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A. ...		37
2.1	INTRODUCCIÓN	39
2.2	MARCO TEÓRICO.....	42
2.2.1	Marco Conceptual	42
2.2.2	Marco Referencial	53
2.3	OBJETIVOS	58
2.3.1	Objetivo General	58
2.3.2	Objetivos Específicos	58
2.4	HIPÓTESIS	58

	PÁGINA
2.5	METODOLOGÍA 59
2.5.1	Reconocimiento de los tapancos como estructura de almacenamiento.....60
2.5.2	Instalación de higrómetros dentro de la estructura tipo tapanco.....62
2.5.3	Colecta de muestras en tapancos62
2.5.4	Procedimiento de análisis de muestras de maíz, empleando la caja azul64
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN 70
2.6.1	Resultados de temperatura y humedad de cantón Santa María.70
2.6.2	Resultados de temperatura y humedad de aldea el Rosario71
2.6.3	Resultados de temperatura y humedad de cantón Esperanza de aldea Tuicoche72
2.6.4	Resultado de análisis de muestras de maíz, sobre impurezas y grano dañado de cantón Santa María 73
2.6.5	Resultados de análisis de muestras de maíz, sobre impurezas y grano dañado en aldea Rosario..... 74
2.6.6	Resultados de análisis de muestras de maíz, sobre impurezas y grano dañado en cantón Esperanza de aldea Tuicoche..... 75
2.6.7	Resultado de análisis cuantitativo de aflatoxinas de las tres comunidades76
2.7	CONCLUSIONES 81
2.8	RECOMENDACIONES 82
2.9	BIBLIOGRAFÍA 83
2.10	ANEXOS 90
	Anexo 10.1 Listado de participantes de los hogares muestreados de las tres comunidades participantes 90
	Anexo 10.2 Promedio de temperatura y humedad de la zona de estudio..... 91
	Anexo 10.3. Promedio del análisis de resultados sobre presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco 92
3	CAPÍTULO III 95
	SERVICIOS REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE TACANÁ: IMPLEMENTACIÓN DE HUERTOS FAMILIARES Y PARCELAS DE AMARANTO..... 95
3.1	Servicio 1. Implementación de huertos familiares en 13 comunidades del municipio de Tacaná departamento de San Marcos 97
3.1.1	INTRODUCCIÓN97
3.1.2	OBJETIVOS.....99
3.1.3	METODOLOGÍA 100
3.1.4	RESULTADOS..... 101

	PÁGINA
3.1.5	CONCLUSIONES..... 105
3.1.6	RECOMENDACIONES 106
3.2	Servicio 2. Implementación de parcelas de amaranto en la comunidad de Sajquim del municipio de Tacaná departamento de San Marcos..... 107
3.2.1	INTRODUCCIÓN 107
3.2.2	OBJETIVOS 108
3.2.3	METODOLOGÍA..... 109
3.2.4	RESULTADOS 110
3.2.5	CONCLUSIONES..... 112
3.2.6	RECOMENDACIONES 113

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Identificación del CADER Valle Verde	15
Cuadro 2. Identificación del CADER Cohatán.....	21
Cuadro 3. Identificación del CADER Sajquim	27
Cuadro 4. Límites de temperatura, actividad del agua, ph, para crecimiento y producción de aflatoxinas por <i>Aspergillus Flavus</i> y <i>Aspergillus Parasíticus</i>	44
Cuadro 5. Selección de comunidades según pisos	61
Cuadro 6. Análisis cuantitativo de aflatoxinas.....	77
Cuadro 7A. Familias participantes de aldea el Rosario.....	90
Cuadro 8A. Familias participantes de cantón Santa María.....	90
Cuadro 9A. Familias participantes de cantón Esperanza de aldea Tuicoche.....	91
Cuadro 10A. Temperatura y humedad cantón Santa María	91
Cuadro 11A. Temperatura y humedad aldea el Rosario	92
Cuadro 12A. Temperatura y humedad cantón Esperanza.....	92
Cuadro 13A. Análisis físico de muestras de granos de maíz cantón Santa María	93
Cuadro 14A. Análisis físico de muestras de granos de maíz aldea el Rosario	93
Cuadro 15A. Análisis físico de muestras de granos de maíz cantón Esperanza	94

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Mapa del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos	5
Figura 2. Fotografías sobre prácticas agropecuarias desarrolladas en CADER Valle Verde	20
Figura 3. Fotografías sobre prácticas agropecuarias desarrolladas en CADER Cohatán	26
Figura 4. Fotografías sobre prácticas agropecuarias desarrolladas en CADER Sajquim	32
Figura 5. Estructura del grano de maíz.....	42
Figura 6. Equipo de prueba Reveal cuantitativa.....	52
Figura 7. Mapa del municipio de Tacaná.....	54
Figura 8. Mapa de ubicación de hogares de Santa María	55
Figura 9. Mapa de ubicación de hogares aldea Rosario.....	56
Figura 10. Mapa de ubicación de hogares cantón Esperanza	57
Figura 11. Fotografías sobre el proceso de instalación de higrómetros.....	63
Figura 12. Fotografías sobre el proceso de colecta de muestras.....	65
Figura 13. Fotografías sobre el proceso de análisis de muestras en laboratorio	69
Figura 14. Gráfica sobre temperatura y humedad cantón Santa María	70
Figura 15. Gráfica sobre temperatura y humedad aldea el Rosario	71
Figura 16. Gráfica sobre temperatura y humedad cantón Esperanza	72
Figura 17. Gráfica de análisis físico de muestras de maíz cantón Santa María	73
Figura 18. Gráfica de análisis físico de muestras de maíz en aldea Rosario	74
Figura 19. Gráfica de análisis físico de muestras de maíz cantón Esperanza	75
Figura 20. Fotografías sobre el proceso de producción de huertos familiares.....	104
Figura 21. Fotografías sobre la producción de amaranto	111

RESUMEN

El presente trabajo es el producto del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- realizado en el periodo comprendido de agosto 2015 a mayo 2016, realizado en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO- El trabajo está integrado por un diagnóstico, investigación y servicios realizados en el municipio de Tacaná del departamento de San Marcos.

Los grupos de productores poseen un espacio físico donde realizan capacitaciones de diversa índole, pero principalmente enfocan el sistema agropecuario, a este espacio se le denomina Centro de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER), con esta metodología los productores agropecuarios intercambian conocimientos, experiencias y aprendizajes con el propósito de resolver problemas y necesidades en temas agropecuarios.

Se realizó la medición de la presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenado en estructuras tipo tapanco, en las comunidades: cantón Santa María, aldea el Rosario y cantón la Esperanza de aldea Tuicoche, por medio de la determinación cualitativa y cuantitativa utilizando la caja azul, una propuesta implementada por el Programa Mundial de Alimentos (PMA).

Se realizó el servicio de huertos familiares, la cobertura del proyecto se estableció en 13 comunidades del municipio de Tacaná y un huerto medicinal en Majadas del departamento de San Marcos. Se desarrolló una experiencia para productores, de aprendizaje para la vida dándole un incentivo y una motivación novedosa de un ser vivo y cambiante que ofrece valores positivos a través del conocimiento, la experiencia y la generación de capacidades y habilidades prácticas transferibles para sus propias familias y comunidad en horticultura local.

Los productores de aldea Sajquim empoderaron el cultivo de amaranto, por los múltiples beneficios, que este producto agrícola ofrece.



1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al diagnóstico realizado en tres comunidades del municipio de Tacana, del departamento de San Marcos.

Existen grupos de productores agropecuarios que se encuentran organizados en las comunidades, siendo estos liderados por una persona a la que definen como promotor, el promotor agrícola es aquella persona que realiza actividades voluntarias en beneficio de la población local. Generalmente establece un enlace entre las instituciones que promueven proyectos de desarrollo y las comunidades rurales beneficiarias.

Los grupos de productores poseen un espacio físico donde realizan capacitaciones de diversa índole, pero principalmente enfocan el sistema agropecuario, a este espacio se le denomina Centro de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER), con esta metodología los productores agropecuarios intercambian conocimientos, experiencias y aprendizajes con el propósito de resolver problemas y necesidades en temas agropecuarios.

La formación productiva es fundamental, se realiza a través de capacitación, principalmente en servicio a promotores, giras de intercambio de experiencias utilizando la metodología “campesino a campesino”, fortaleciendo a través de la asistencia técnica a los hogares seleccionados.

Posteriormente se realizan replicas en cada uno de los hogares luego de recibir la capacitación en el CADER y el promotor agrícola da el seguimiento correspondiente.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Marco Referencial

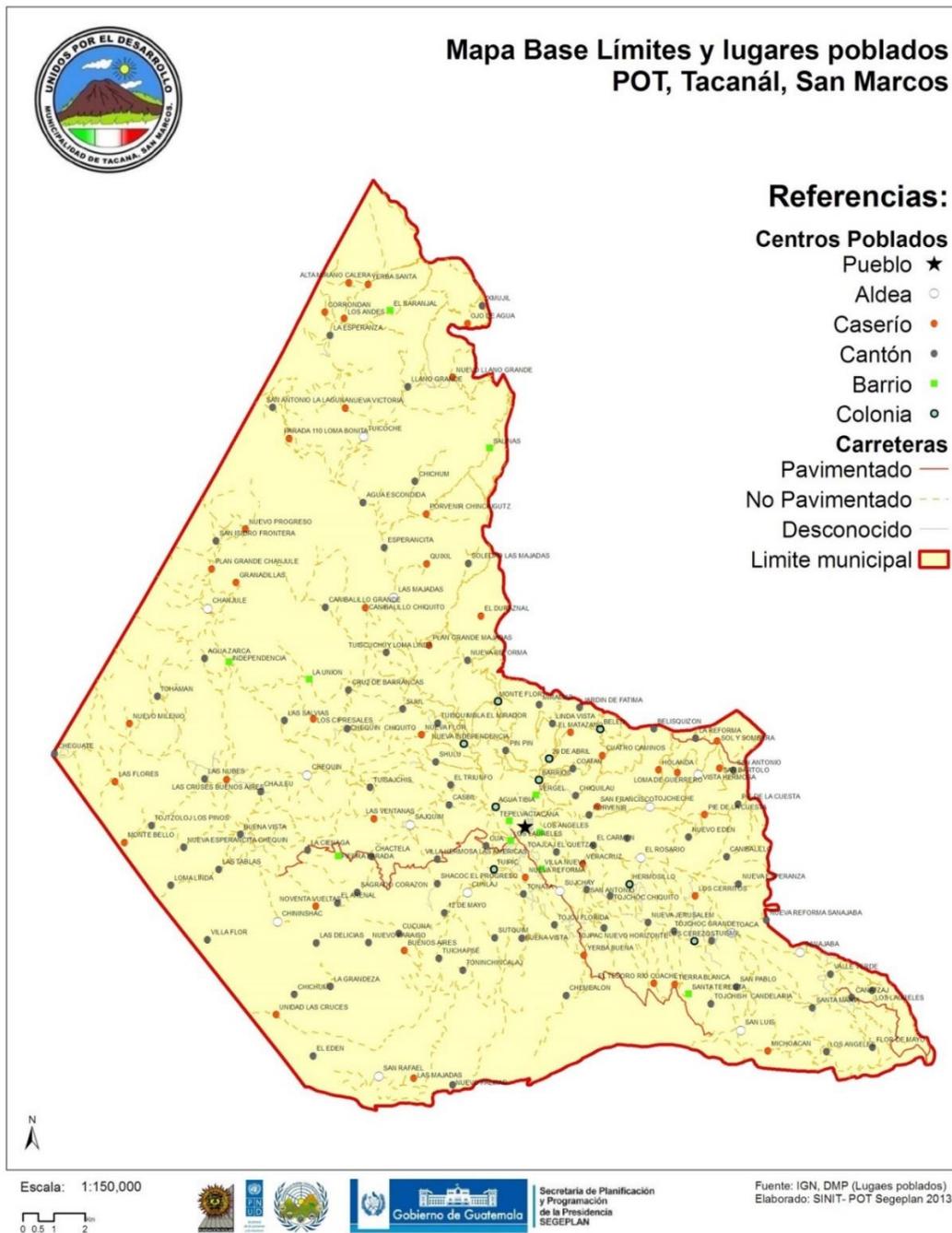
1.2.1.1 Localización

El municipio de Tacaná se encuentra a una distancia de 72 km de la cabecera departamental de San Marcos y 322 de la ciudad capital. Situada a 2,416 m s.n.m. en las coordenadas latitudinales $15^{\circ} 14' 28.4''$ norte y longitudinales $92^{\circ} 03' 59.4''$ oeste, tiene una extensión territorial aproximada de 302 km², su clima es predominantemente frío, aunque existe una diversidad de microclimas de acuerdo a la ubicación geográfica de sus comunidades.

El municipio de Tacaná, colinda al norte con el municipio de Tectitán, departamento de Huehuetenango, al sur con el municipio de Sibinal, departamento de San Marcos y el estado de Chiapas de la República Mexicana; al oriente con los municipios de San José Ojetenam e Ixchiguán del departamento de San Marcos y Tectitán del departamento de Huehuetenango. Al oeste con el estado de Chiapas de la República Mexicana. (SEGEPLAN 2011)

1.2.1.2 Accidentes geográficos

En el municipio se encuentra la entrada de la Sierra Madre a territorio nacional, tiene en su jurisdicción el volcán de Tacaná que sirve de límite territorial entre Guatemala y México, el segundo más alto de Centro América con una altitud de 4,109 m s.n.m. También se encuentran cuatro montañas, dieciocho cerros, lo riegan cuarenta y cuatro ríos, un riachuelo, doce arroyos y trece quebradas, siendo el río Cohatán su principal riqueza hidrológica y uno de sus recursos que identifican al municipio. (SEGEPLAN 2011)



Fuente: IGN 2013

Figura 1. Mapa del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos

1.2.2 Marco Conceptual

1.2.2.1 Centro de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER)

Es una metodología que se realiza con la participación de las familias de la comunidad, en la cual se intercambian conocimientos, experiencias y aprendizajes con el propósito de resolver problemas y necesidades en temas de mayor importancia. (Rodríguez 2013)

1.2.2.2 Principios de la metodología de CADER

Según Rodríguez (2013), los principios de la metodología de CADER son:

- a) Se centra en la persona no en el técnico.
- b) Trabaja con la propia capacidad y los recursos locales.
- c) Rescata y valora los conocimientos y la cultura local.
- d) Experimenta en pequeño lo conocido y aprendido.
- e) Es manejada por las familias de la comunidad y sus organizaciones.
- f) 80% práctica y 20% teoría.
- g) Parte de las necesidades sentidas.
- h) Aprender haciendo.
- i) Los técnicos facilitan y las organizaciones apoyan.
- j) Avanza paso a paso de manera gradual.
- k) Reconoce la desigualdad de género.

1.2.2.3 Componentes de un CADER

Según Rodríguez (2013), los componentes de un CADER son:

- a) Organización comunitaria.
- b) Mejoramiento de la vivienda.
- c) Agricultura orgánica.
- d) Participación de la mujer y comunitaria.

- e) Solución de conflictos.
- f) Producción de alimentos.
- g) Gestión de proyectos.
- h) Venta de productos.
- i) Educación.
- j) Salud.

1.2.2.4 Enfoque de trabajo de un CADER

Se propone la utilización de semillas nativas y mejoradas de granos básicos (maíz y frijol). Esta acción permite valorar el potencial genético de las semillas locales, las cuales poseen características que las hacen tolerantes a condiciones adversas de clima, enfermedades, plagas, disminución del tamaño de la planta, altura de mazorca, atributos por los que las familias las han cultivado a través del tiempo.

La diversificación con especies de consumo local (bledo, loroco, chipilín, plantas medicinales, cucurbitáceas, musáceas, camote, yuca, frutales y otras especies) tiene varias ventajas: permite la utilización de los espacios, diversificación de alimentos, minimiza el riesgo de la pérdida total de las especies establecidas, conserva la humedad en época de sequía, así mismo genera ingresos a las familias mediante la venta de algunos productos obtenidos.

Como son familias de muy escasos recursos es necesaria la dotación de insumos para la diversificación, los cuales sirven como detonantes del proceso, entre estos se pueden mencionar: semilla de granos básicos y de otros cultivos como hortalizas y tubérculos, pie de cría de lombriz coqueta roja, pastos, frutales y especies forestales, estos últimos para el establecimiento de sistemas agroforestales. (MAGA 2012)

1.2.2.5 Participantes de un CADER

La labor en las comunidades se realiza con grupos organizados, bajo el liderazgo de promotoras y promotores locales quienes trabajan bajo el principio de “aprender haciendo” y para ese efecto se han desarrollado los llamados “Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural” (CADER). El MAGA proporciona todo el equipo e insumos necesarios para el buen funcionamiento de los CADER, tales como herramientas, semillas, abonos, asistencia técnica, así como equipos distintos como micro riegos, cisternas, micro y macro túneles, entre otros. (MAGA 2012)

1.2.2.6 Productores se capacitan

La formación productiva es fundamental, se realizará a través de capacitación, principalmente en servicio, a promotoras, promotores, giras de intercambio de experiencias utilizando la metodología “campesino a campesino”, todo será fortalecido con la asistencia técnica a los hogares seleccionados. Dentro de la temática posible a ser abordada están:

- a) Fomento de agricultura de patio y mejoramiento del hogar. Buscan garantizar el acceso a alimentos y el complemento de la dieta familiar, promoviendo las siguientes prácticas:
- Producción de alimentos: huertos familiares con semillas nativas y mejoradas de hortalizas, plantas medicinales y producción pecuaria de especies menores (aves, cerdos, ovinos).
 - Sanidad animal con capacitación y dotación de botiquines pecuarios.
 - Nutrición animal con opciones artesanales alimenticias con materiales locales.
 - Educación alimentaria y nutricional. Aprovechamiento de productos locales.
 - Higiene en el hogar.
 - Almacenamiento de granos básicos (silos, trojas mejoradas, toneles y otros).
 - Procesamiento artesanal de alimentos (conservas, deshidratados y concentrados).

- b) Recuperación del suelo por medidas físicas y manejo de agua. Mejoramiento de fertilidad con abonos orgánicos producidos por mismas familias, conservación y otras prácticas. Manejo de aguas servidas y aprovechamiento para riego de huertos, purificación de agua.
- c) Fortalecimiento de la organización grupal y comunitaria para la producción y manejo de incentivos.
- d) Promoción del arrendamiento de tierras para la producción. (MAGA 2012)

1.2.2.7 Promotor agrícola

Los promotores agrícolas son aquellas personas de una comunidad que realizan actividades voluntarias en beneficio de la población local. Generalmente establecen un enlace entre las instituciones que promueven proyectos de desarrollo y las comunidades rurales beneficiarias. Los promotores agrícolas son una pieza clave de las instituciones que promueven proyectos de desarrollo comunitario, ya que gozan de confianza entre la población y conocen la realidad local. También actúan como actores clave para lograr el efecto multiplicador en la transferencia de tecnología. (PROMIPAC 2012)

1.2.2.8 Funciones del promotor agrícola en el desarrollo de su comunidad.

Las funciones que desarrolla el promotor agrícola en la comunidad son múltiples, iniciando desde la organización de grupos de productores, el conocimiento de la problemática agrícola y ambiental, la multiplicación de conocimientos, la transferencia de tecnologías, la transmisión de valores, la gestión de grupo y la resolución de problemas. En general el rol del promotor depende del tipo de institución y del enfoque o proyecto de desarrollo, aunque también influye la experiencia y capacidad que ya tiene cada promotor. ¿Qué acciones debe realizar y que información debe manejar el Promotor Agrícola?

- a) Organizar a los agricultores en la comunidad, para mejorar los niveles de producción, la comercialización de sus productos y el desarrollo comunitario.
- b) Elaborar diagnóstico de la problemática agropecuaria y ambiental en la comunidad.
- c) Identificar y gestionar ideas de proyectos que respondan a los intereses y necesidades de la comunidad.
- d) Manejar la información social y económica de la comunidad.
- e) Promover prácticas agrícolas y tecnologías sostenibles.
- f) Utilizar su finca para mostrar y demostrar que se puede trabajar con éxito, aplicando buenas prácticas agropecuarias en armonía con la naturaleza.
- g) Brindar asistencia técnica a otros agricultores.
- h) Llevar registros comunitarios del trabajo realizado. (PROMIPAC 2012)

1.2.2.9 Identificación del promotor agrícola en la comunidad

El carácter del promotor no se obtiene con un simple nombramiento o un taller de capacitación; sino que es el resultado de un proceso teórico práctico que incluye los siguientes aspectos: la selección, la capacitación, los estímulos, la organización, la implementación de entrenamiento adquirido, el acompañamiento y la evaluación.

1.2.2.10 Importancia del promotor agrícola y su impacto en las familias productoras.

El mayor beneficio que se persigue es la construcción de las capacidades locales para desarrollar procesos autogestionarios de manera que las familias rurales construyan su

propio camino de un desarrollo integral. Para esto se trabaja muy fuerte en procesos de aprendizaje y puesta en marcha de innovaciones para incrementar productividad y producción agropecuaria, generación de empleo y de ingreso.

En forma integrada también se trabaja en el enfoque llamado de “casa y hogar saludable”, que incluye actividades agropecuarias de patio enfocadas a mejorar las condiciones nutricionales de la familia en general y de la niñez en particular. Estas actividades van complementadas con capacitación para hacer un mejor aprovechamiento de los recursos locales con esos fines, que incluye preparación y consumo de alimentos.

Otro eje integrado de acción a nivel del hogar es el tema de la higiene, aspectos como manejo del agua, higiene personal, y la prevención de la promiscuidad con animales domésticos son todas prioritarias en el trabajo. Dentro de todo esto se realizan acciones para disminuir el tiempo de trabajo, en particular de la mujer, con opciones como cosecha de agua de lluvia, estufas mejoradas, filtros, biodigestores, silos y otros. (MAGA 2012)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Conocer el funcionamiento de tres Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER) e identificar a promotores agrícolas, número de participantes que lo integran y las principales prácticas agropecuarias que se emplean, en Cohatan el Águila, Valle Verde y Sajquim, del municipio de Tacana del departamento de San Marcos.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Describir el funcionamiento de tres Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER).
2. Sistematizar datos del promotor agropecuario que está coordinando el CADER.
3. Identificar el número de productores agropecuarios que integran el CADER.
4. Conocer prácticas agrícolas familiares que los pequeños agricultores emplean para la producción de alimentos.

1.4 METODOLOGÍA

- a. Ubicación de los CADERS: Se realizó un análisis sobre los 13 CADERS que existen en el municipio, luego se seleccionaron 3 siendo estos: Cohatan el águila, valle verde y Sajquim, del municipio de Tacana del departamento de San Marcos.
- b. Identificación del promotor agrícola: Se realizó un acercamiento con el equipo técnico del MAGA, exponiendo el objetivo del estudio, posteriormente se realizó una visita con las autoridades comunitarias (auxiliares y cocodes) socializándoles el acercamiento y la intervención en las comunidades, al final se identificó al promotor agrícola y grupo de productores que forman parte del CADER.
- c. Reunión: Se realizaron mensualmente y en ellas se dieron a conocer los avances, del programa, adquiriendo la información precisa del lugar.
- d. Llenado de ficha técnica: Se realizó un recorrido por toda el área del CADER y el promotor agrícola realizo estaciones especificando cada uno de los espacios agropecuarios.
- e. Taller: Se realizó con el grupo de personas, en donde se capacito, planifico y evaluó los procesos.
- f. Demostración práctica: Se enseñó de forma práctica, procesos de siembra, buenas prácticas agrícolas, buenas prácticas de manufactura en las instalaciones del CADER y luego se dio seguimiento a las réplicas en los hogares de los productores de agricultura familiar.
- g. Intercambio de conocimientos y experiencias: Se impulsó la metodología “campesino a campesino”, la cual permitió conocer las prácticas agropecuarias y sus resultados, para que otras familias las implementen si consideran que le son útiles.

- h. Gira educativa: Se realizaron con el objetivo de que familias visitantes, miren y conozcan técnicas o prácticas de otro lugar, que puedan implementar en su finca o parcela.

1.5 RESULTADOS

El CADER de cantón Valle Verde posee un área de 0.03 ha, dirigido por el promotor Santos López Díaz, integrado por 27 familias, en este se realizan una diversidad de prácticas agropecuarias las cuales se sistematizaron en el cuadro1:

Cuadro 1. Identificación del CADER Valle Verde

1.5.1 CADER CANTÓN VALLE VERDE.			
IDENTIFICACIÓN DEL CADER			
		NOMBRE	
1.5.1.1 Departamento		SAN MARCOS	
1.5.1.2 Municipio		Tacaná	
1.5.1.3 Comunidad		Cantón Valle Verde	
1.5.1.4 Nombre del CADER		Cantón Valle Verde	
1.5.1.5 Situación en que se encuentra el CADER:		Activo:	<input checked="" type="checkbox"/> Inactivo:
Razón de Inactivo:			
1.5.1.6 Ubicación del CADER:	Latitud Norte: xxxxxxxxxx	Longitud Oeste: xxxxxxxxxx	
1.5.1.7 Área del CADER:	0.03 ha		
1.5.1.8 Fecha en que se constituyó el CADER (m/año):	Enero de 2013		

1.5.2 DATOS DEL PROMOTOR(A)			
1.5.2.1 Nombre del Promotor(a):	Santos López Díaz	DPI	1782477231207
1.5.2.2 Dirección del Promotor(a):	Cantón Valle Verde		
1.5.2.3 Número de teléfono:	51574779		
1.5.2.4 Correo electrónico:	No tiene		
1.5.2.5 integrante del Grupo que sustituye al Promotor(a):			
a) Nombre:	Norma Florisa Morales Aguilar	DPI	1658128601207
	Dirección: Cantón Valle Verde		
b) Número de teléfono:			
c) Correo electrónico:	No tiene		

1.5.3 INTEGRACION DEL GRUPO EN EL CADER:			
1.5.3.1 Número de integrantes	Familias Totales	# Mujeres	# Hombres

	27	25	2
1.5.3.2 Pueblo al que pertenecen las /los integrante	Maya	Xinca	Garífuna
	X		
1.5.3.3 Idioma que hablan las / los integrantes	1. Español	2.	
	3.	4.	

1.5.4 NIVEL DE DESARROLLO DEL CADER					
1.5.4.1 Etapa de Desarrollo* (ver guía adjunto)	Fructificando (A)	Floreciendo (B)	Crecimiento (C)	Germinando (D)	Semilla (e)
			X		
1.5.4.2 Actores externos que apoyan el CADER	ACTORES		TEMA DE ESPECIALIZACIÓN		
	Municipalidad		Gestión		
	FAO		Asistencia Técnica, insumos.		
	MAGA		Asistencia Técnica		
1.5.4.3 Prácticas implementadas	Prácticas				Implementada (X)
	Establecimiento y manejo de huertos familiares				X
	Establecimiento y mantenimiento de huertos medicinales				X
	Establecimiento y mantenimiento de plantas nativas				X
	Poda de árboles frutales				
	Establecimiento de parcelas de frutales				
	Establecimiento de parcelas con árboles forestales				
	Conservación de suelos				X
	Manejo Integrado de Plagas				X
	Cercado, rotación y escalonamiento de cultivos				
	Utilización de semillas mejoradas y/o tratadas				
	Aplicación de pesticidas orgánicos				X
	Elaboración de concentrados caseros				X

	Manejo de instalaciones para aves (gallineros)	X
	Manejo de instalaciones para ovinos y caprinos (aprisco)	X
	Manejo de instalaciones de especies menores (conejos, cerdos)	
	Profilaxis animal (vacunaciones)	X
	Estanques piscícolas	
	Uso de filtros de agua para consumo humano	
	Almacenamiento de granos básicos (postcosecha)	X
	Uso de cosecha de agua	x
	Reciclado y/o reutilización de aguas servidas	X
	Uso de filtros de aguas servidas	
	Elaboración de abono de trinchera	X
	Elaboración de abono tipo bocashi	
	Elaboración de lombricompost	
	Producción de fertilizantes líquidos	X
	Producción de fungicidas naturales líquidos	
	Producción de hongos comestible	
	Separación de ambientes del hogar	X
	Cementado de piso en el hogar	
	Uso de estufas mejoradas	
	Revocados de paredes (repello, encalado, cernido)	X
	Uso de letrinas	X
	Adaptación de la olla saludable	X
	Producción de miel	

	Infraestructura	Impleme ntada (X)
1.5.4.4 Uso de Infraestructura Productiva	a. Micro riego	
	b. Macro túnel	
	c. Invernadero	
	d. Casa malla	
	e. Gallinero	X
	f. Instalaciones pecuarias	
	g. Hornos de barro	
	h. Estanques acuícolas	
	i. Apiarios	
	j. Reservorios de agua	
	k. Silos de almacén. De granos	
	l. Estufas ahorradoras de leña	X
	m. Filtro de aguas servidas	X
	N. Letrinas	X
	o. Otra Infraestructura	



A



B



C



D

Continúa figura 2.



E

F

Figura 2. Fotografías sobre prácticas agropecuarias desarrolladas en CADER Valle Verde
 A Reunión mensual con promotores agrícolas. B Elaboración de abono de trinchera. C
 Establecimiento y manejo de huertos familiares. D Replica de capacitación metodología
 campesino a campesino. F Manejo de instalaciones para ovinos y caprinos (aprisco). G
 Manejo de instalaciones para aves (gallineros)

El CADER de cantón Coatán posee un área de 0.03 ha, dirigido por el promotor Santiago Pérez Escalante, integrado por 19 familias, en este se realizan una diversidad de prácticas agropecuarias las cuales se sistematizaron en el cuadro 2.

Cuadro 2. Identificación del CADER Cohatán

1.5.2 CADER CANTÓN COHATÁN.			
IDENTIFICACIÓN DEL CADER			
		NOMBRE	
1.5.2.1 Departamento		San Marcos	
1.5.2.2 Municipio		Tacaná	
1.5.2.3 Comunidad		Cantón Cohatán	
1.5.2.4 Nombre del CADER		Cantón Cohatán	
1.5.2.5 Situación en que se encuentra el CADER:		Activo:	<input checked="" type="checkbox"/> Inactivo:
Razón de Inactivo:			
1.5.2.6 Ubicación del CADER:		Latitud Norte:	Longitud Oeste;
1.5.2.7 Área del CADER:	0.03 ha		
1.5.2.8 Fecha en que se constituyó el CADER (m/año):		Enero de 2013	

1.5.3 DATOS DEL PROMOTOR(A)			
1.5.3.1 Nombre del Promotor(a):	Santiago perez Escalante	DPI	2396148951207
1.5.3.2 Dirección del Promotor(a):	Cantón Coatan		
1.5.3.3 Número de teléfono:	57639567		
1.5.3.4 Correo electrónico:	No tiene		
1.5.3.5 integrante del Grupo que sustituye al Promotor(a):			
d) Nombre:	Gerardo Bartolón Roblero	DPI	1735093041207
e) Dirección:	Cantón Coatan		
f) Número de teléfono:	No tiene		
g) Correo electrónico:	No tiene		

1.5.4 INTEGRACION DEL GRUPO EN EL CADER:				
1.5.4.1 Número de integrantes	Familias Totales		# Mujeres	# Hombres
	19		5	14
1.5.4.2 Pueblo al que pertenecen las /los integrante	Maya	Xinca	Garífuna	Ladino
	x			
1.5.4.3 Idioma que hablan las / los integrantes	1. Español		2.	

	3.	4.
--	----	----

1.5.5 NIVEL DE DESARROLLO DEL CADER					
1.5.5.1 Etapa de Desarrollo* (ver guía adjunto)	Fructificando (A)	Floreciendo (B)	Crecimiento (C)	Germinando (D)	Semilla (e)
			X		
1.5.5.2 Actores externos que apoyan el CADER	ACTORES		TEMA DE ESPECIALIZACIÓN		
	Municipalidad		Gestion		
	FAO		Asistencia Técnica, insumos.		
	MAGA		Asistencia técnica		
1.5.5.3 Prácticas implementadas	Prácticas				Implementada (X)
	Establecimiento y manejo de huertos familiares				X
	Establecimiento y mantenimiento de huertos medicinales				X
	Establecimiento y mantenimiento de plantas nativas				X
	Poda de árboles frutales				X
	Establecimiento de parcelas de frutales				X
	Establecimiento de parcelas con árboles forestales				X
	Conservación de suelos				X
	Manejo Integrado de Plagas				X
	Cercado, rotación y escalonamiento de cultivos				X
	Utilización de semillas mejoradas y/o tratadas				X
	Aplicación de pesticidas orgánicos				X
	Elaboración de concentrados caseros				X
	Manejo de instalaciones para aves (gallineros)				X
Manejo de instalaciones para ovinos y caprinos (aprisco)				X	

	Manejo de instalaciones de especies menores (conejos, cerdos)	X
	Profilaxis animal (vacunaciones)	X
	Estanques piscícolas	X
	Uso de filtros de agua para consumo humano	
	Almacenamiento de granos básicos (postcosecha)	X
	Uso de cosecha de agua	
	Reciclado y/o reutilización de aguas servidas	
	Uso de filtros de aguas servidas	X
	Elaboración de abono de trinchera	X
	Elaboración de abono tipo bocashi	
	Elaboración de lombricompost	X
	Producción de fertilizantes líquidos	X
	Producción de fungicidas naturales líquidos	X
	Producción de hongos comestible	X
	Separación de ambientes del hogar	X
	Cementado de piso en el hogar	X
	Uso de estufas mejoradas	X
	Revocados de paredes (repello, encalado, cernido)	X
	Uso de letrinas	X
	Adaptación de la olla saludable	X
	Producción de miel	

	Infraestructura	Impleme ntada (X)
1.5.5.4 Uso de Infraestructura Productiva	h. Micro riego	X
	i. Macro túnel	
	j. Invernadero	X
	k. Casa malla	
	l. Gallinero	X
	m. Instalaciones pecuarias	X
	n. Hornos de barro	
	h. Estanques acuícolas	X
	ii. Apiarios	
	j. Reservorios de agua	
	k. Silos de almacén. De granos	X
	l. Estufas ahorradoras de leña	X
	m. Filtro de aguas servidas	
	N. Letrinas	X
	o. Otra Infraestructura	



A



B



C



D

Continúa figura 3.



E

F

Figura 3. Fotografías sobre prácticas agropecuarias desarrolladas en CADER Cohatán
A Desinfección de calzado al ingresar al CADER. B Estanques Piscícolas. C Elaboración de lombricompost. D Elaboración de abono de trinchera. E Establecimiento de vivero forestal. F Producción de rosa.

El CADER de aldea Sajquim posee un área de 0.05 ha, dirigido por el promotor Armando González Pérez, integrado por 19 familias, en este se realizan una diversidad de prácticas agropecuarias las cuales se sistematizaron en el cuadro 3.

Cuadro 3. Identificación del CADER Sajquim

1.5.3 CADER ALDEA SAJQUIM			
IDENTIFICACIÓN DEL CADER			
		NOMBRE	
1.5.3.1 Departamento		San Marcos	
1.5.3.2 Municipio		Tacaná	
1.5.3.3 Comunidad		Aldea Sajquim	
1.5.3.4 Nombre del CADER		Aldea Sajquim	
5.3.1.5 Situación en que se encuentra el CADER:		Activo: <input checked="" type="checkbox"/>	Inactivo: <input type="checkbox"/>
Razón de Inactivo:			
1.5.3.6 Ubicación del CADER:		Latitud Norte:	Longitud Oeste;
1.5.3.7 Área del CADER:	0.05 ha		
1.5.3.8 Fecha en que se constituyó el CADER (m/año):		Enero de 2013	

1.5.4 DATOS DEL PROMOTOR(A)			
1.5.4.1 Nombre del Promotor(a):	Armando González Pérez	DPI	5221362158796
1.5.4.2 Dirección del Promotor(a):	Aldea Sajquim		
1.5.4.3 Número de teléfono:	30463025		
1.5.4.4 Correo electrónico:	No tiene		
1.5.4.5 integrante del Grupo que sustituye al Promotor(a):			
h) Nombre:	Bernardino López Santiago	DPI	5201035498765
i) Dirección:	Comunidad Las Anonas		
j) Número de teléfono:	52347168		
k) Correo electrónico:	No tiene		

1.5.5 INTEGRACION DEL GRUPO EN EL CADER:				
1.5.5.1 Número de integrantes	Familias Totales		# Mujeres	# Hombres
	12		5	7
1.5.5.2 Pueblo al que pertenecen las /los integrante	Maya	Xinca	Garífuna	Ladino
				X
1.5.5.3 Idioma que hablan las / los integrantes	1. Español		2.	
	3.		4.	

1.5.6 NIVEL DE DESARROLLO DEL CADER					
1.5.6.1 Etapa de Desarrollo* (ver guía adjunto)	Fructificando (A)	Floreciendo (B)	Crecimiento (C)	Germinando (D)	Semilla (e)
			X		
1.5.6.2 Actores externos que apoyan el CADER	ACTORES		TEMA DE ESPECIALIZACIÓN		
	Municipalidad		Gestion		
	FAO		Asistencia Técnica, insumos.		
1.5.6.3 Prácticas implementadas	Prácticas				Implementada (X)
	Establecimiento y manejo de huertos familiares				X
	Establecimiento y mantenimiento de huertos medicinales				X
	Establecimiento y mantenimiento de plantas nativas				X
	Poda de árboles frutales				X
	Establecimiento de parcelas de frutales				X
	Establecimiento de parcelas con árboles forestales				X
	Conservación de suelos				X
	Manejo Integrado de Plagas				X
	Cercado, rotación y escalonamiento de cultivos				X
	Utilización de semillas mejoradas y/o tratadas				X
	Aplicación de pesticidas orgánicos				
	Elaboración de concentrados caseros				X
	Manejo de instalaciones para aves (gallineros)				X
	Manejo de instalaciones para ovinos y caprinos (aprisco)				X
Manejo de instalaciones de especies menores (conejos, cerdos)					

	Profilaxis animal (vacunaciones)	X
	Estanques piscícolas	
	Uso de filtros de agua para consumo humano	
	Almacenamiento de granos básicos (postcosecha)	X
	Uso de cosecha de agua	
	Reciclado y/o reutilización de aguas servidas	
	Uso de filtros de aguas servidas	X
	Elaboración de abono de trinchera	X
	Elaboración de abono tipo bocashi	
	Elaboración de lombricompost	
	Producción de fertilizantes líquidos	X
	Producción de fungicidas naturales líquidos	X
	Producción de hongos comestible	X
	Separación de ambientes del hogar	X
	Cementado de piso en el hogar	X
	Uso de estufas mejoradas	
	Revocados de paredes (repello, encalado, cernido)	X
	Uso de letrinas	X
	Adaptación de la olla saludable	X
	Producción de miel	

	Infraestructura	Implem entada (X)
1.5.6.4 Uso de Infraestructura Productiva	o. Micro riego	
	p. Macro túnel	
	q. Invernadero	X
	r. Casa malla	
	s. Gallinero	X
	t. Instalaciones pecuarias	X
	u. Hornos de barro	
	h. Estanques acuícolas	
	iii. Apiarios	
	j. Reservorios de agua	
	k. Silos de almacén. De granos	X
	l. Estufas ahorradoras de leña	
	m. Filtro de aguas servidas	X
	N. Letrinas	X
	o. Otra Infraestructura	



A



B



C



D

Continúa figura 4.



E



F

Figura 4. Fotografías sobre prácticas agropecuarias desarrolladas en CADER Sajquim

A Prácticas de selección masal. B Secado de maíz en campo. C Implementación de cultivos bajo cobertura. D Conservación de suelos. E Uso de filtro de aguas servidas. F Poda de árboles frutales.

1.6 CONCLUSIONES

1. En promedio asisten 20 participantes, en cada uno de los CADER, la participación de las mujeres en promedio es de 12 y participación de hombres en promedio de 8 por grupo, se encuentran en fase de desarrollo.
2. En cada uno de los CADER existe un promotor titular quien es la persona que participa en las reuniones de capacitación mensual que se realiza con promotores agrícolas, el suplente es la persona que participa exclusivamente cuando el promotor titular presenta inconvenientes.
3. Existen tres ejes principales en los que se enfoca un CADER y son: Buenas prácticas agrícolas, prácticas pecuarias y patio hogar, con el fin de mejorar la calidad de vida de las familias.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Ampliar la cobertura de participantes dentro del CADER, para que los procesos de capacitación sean aprovechados por mayor número de familias, incorporando dentro de sus parcelas prácticas agropecuarias que permitan mejorar su producción, siendo responsables con la conservación de recursos naturales.
2. Fomentar una agricultura intensiva en las parcelas, que permita a los productores obtener una diversidad de productos que permitan diversificar su alimentación.
3. Fortalecer la implementación de viveros forestales en todos los CADER, promoviendo la recuperación de áreas deforestadas.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. FAO, Guatemala. 2012. Programa de agricultura familiar para el fortalecimiento de la economía campesina (PAFFEC 2012 - 2015) (en línea). Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/avances/5_paffec/programa_agricultura_familiar_para_el_uila_fortalecimiento_de_la_economia_campesina.pdf
2. PROMIPAC (Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central, Honduras). 2012. El promotor agrícola en los procesos de desarrollo comunitario (en línea). Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1341/1/01.pdf>
3. Rodríguez, O. 2013. Metodología CADER MAGA (en línea). Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en https://prezi.com/s_qjug_rkcps/metodologia-cader-maga/
4. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala); COMUDE (Consejo Municipal de Desarrollo, Municipio de Tacaná, San Marcos, Guatemala). 2011. Plan de desarrollo del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos. Tacaná, San Marcos, Guatemala, Municipalidad de Tacaná.



2 CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS EN MAÍZ (*Zea maíz Vell*) ALMACENADO EN TAPANCOS EN TRES COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE TACANÁ, DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.

2.1 INTRODUCCIÓN

Esta investigación trata sobre la medición de la presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, por medio de la determinación cualitativa y cuantitativa utilizando la caja azul, una propuesta implementada por el Programa Mundial de Alimentos (PMA).

Las aflatoxinas pertenecen a la familia de las micotoxinas, que son sustancias químicas producidas por cepas toxigénicas de hongos, principalmente *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. (Bogantes 2004)

Son mohos toxigénicos, pudiendo contaminar los alimentos cuando éstos son cosechados, procesados, transformados o almacenados en condiciones que favorezcan su desarrollo. (Bogantes 2004)

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios producidos por hongos de varias especies del género *aspergillus*, cuyos efectos fisiopatológicos incluyen: daño hepático agudo, cirrosis, inducción de tumores, disminución de la eficacia del sistema inmunológico, teratogénesis, excreción por la leche y acumulación en tejidos (Bodega 2010).

La investigación se realizó con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Programa Mundial de Alimentos (PMA) en el departamento de San Marcos. FAO y PMA forman parte del Programa Conjunto (PC) quienes tienen cobertura en el departamento de San Marcos en cuatro municipios, estos son: Tacaná, Tajumulco, San Lorenzo y Esquipulas Palo Gordo.

El Programa Conjunto (PC) acompaña al estado asesorando en la incorporación de los enfoques de derechos humanos, género y la pertinencia cultural, facilitando la apertura de espacios de participación para las niñas, los niños, adolescentes, jóvenes, mujeres y hombres en la prestación de servicios, el monitoreo activo de los mismos a través de espacios de participación oficial como los Consejos Comunitarios de Desarrollo

(COCODES), Consejos Municipales de Desarrollo (COMUDES) y las Direcciones Municipales de Planificación (SEGEPLAN 2011)

En el marco del Programa Conjunto (PC), en el municipio de Tacaná se priorizan trece comunidades dentro de las culés podemos mencionar: Santa María, Valle Verde, Sanajaba, Rosario, Coatan, Tojcheche, Majadas, Plan Grande, Esperanza Tuicoche, Ventanas, Sajquim, Belesquizón y Cháctela. En estas comunidades se apoya con extensión agrícola y servicio de asistencia técnica.

De las trece comunidades priorizadas por el programa conjunto (PC) se seleccionaron tres, para la realización del muestreo de esta investigación, estas comunidades son: Cantón Santa María de aldea Sanajaba, se encuentra en el área oriente del municipio, en la micro-región de San Pablo, a una distancia de 26 km de la cabecera municipal y a 62 km de la cabecera departamental, situada a 3,059 m s.n.m. en las coordenadas latitudinales 15° 11' 18.5" norte y longitudinales 91° 58' 54.0" oeste. La extensión territorial de la comunidad es de 10 km² aproximadamente. La temperatura promedio oscila entre 15 °C – 20 °C. (SEGEPLAN 2011)

Aldea Rosario, se encuentra en el área oriente del municipio en la micro-región aldea el Rosario, a una distancia de 7.00 km de la cabecera municipal y a 83 km de la cabecera departamental, situada a 2,406 m s.n.m. en las coordenadas latitud norte 15° 13' 54.0", longitud oeste 92° 01'54.0". La extensión territorial de la comunidad es de 5.00 km² con una temperatura promedio de 19 °C a 20 °C. (SEGEPLAN 2011)

Cantón la Esperanza de aldea Tuicoche, se encuentra en el área norte del municipio de Tacaná a una distancia de 42.00 km de la cabecera municipal y 114 km de la cabecera departamental. Situada a 1837 m s.n.m. en las coordenadas latitudinales 15° 22' 59.1" norte y longitudinales 92° 07' 40.9" oeste. Cuenta con la extensión territorial de 20.00 km² su clima es templado en un promedio de 20 °C – 22 °C. (SEGEPLAN 2011). Estas comunidades fueron seleccionadas según el análisis de pisos altitudinales, m s.n.m.

Las familias de estas comunidades almacenan su maíz en el tapanco, es una estructura que forma parte del techo de una vivienda, compuesta principalmente por lámina y madera. Su función principal es proteger la vivienda y sus integrantes de agentes naturales, pero las familias han adaptado este elemento como un medio de doble propósito: primero, para el secado de granos de maíz, segundo, como estructura de almacenamiento de granos de maíz.

El inadecuado manejo del grano de maíz desde el campo y principalmente en el almacenamiento, favorece el crecimiento y desarrollo de aflatoxinas, que son contaminantes tóxicos de origen vegetal, para los animales como para los humanos.

2.2 MARCO TEÓRICO

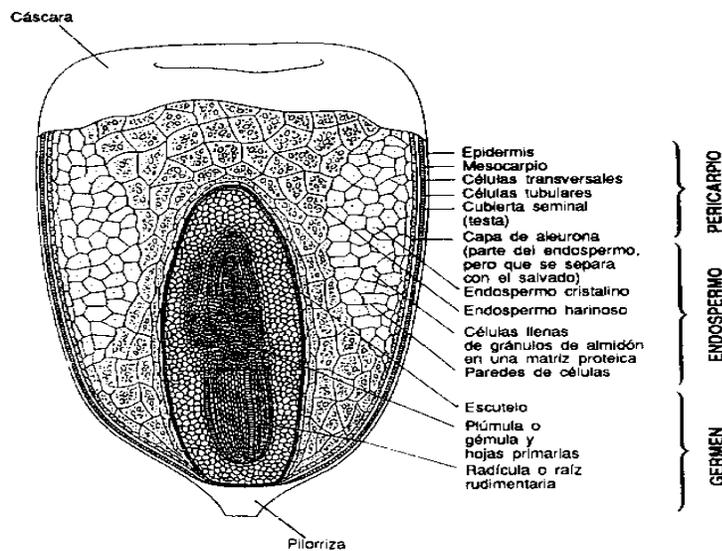
2.2.1 Marco Conceptual

2.2.1.1 Estructura del grano de maíz

Los granos de maíz se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1,000 granos según el número de hileras y el diámetro y longitud de la mazorca. El peso del grano puede variar mucho, de aproximadamente 19 g a 30 g por cada 100 granos. Durante la recolección, las panojas de maíz son arrancadas manualmente de la planta. Se pelan las brácteas que envuelven la mazorca y luego se separan los granos a mano.

El grano de maíz se denomina en botánica cariósipide o cariopsis; cada grano contiene el revestimiento de la semilla, o cubierta seminal, y la semilla, como se presenta en la figura

5



(Facilitado por el Wheat Flour Institute, Chicago, Illinois, 1964)

Fuente: what fluor 1964

Figura 5. Estructura del grano de maíz

En la figura 5 se muestran también las cuatro estructuras físicas fundamentales del grano: el pericarpio, cáscara, o salvado; el endospermo; el germen o embrión; y la piloriza (tejido inerte en que se unen el grano y el carozo). Wolf et al. (1952) y Wolf, Koo y Seckinger (1969) han descrito adecuadamente la anatomía general y la estructura microscópica de estos elementos anatómicos.

2.2.1.2 Micotoxinas

Los hongos son organismos eucariotes (su ADN está contenido en un núcleo). Los hongos pueden vivir a expensas de tejidos vivos de un organismo, ya que son incapaces de fabricar su propio alimento por carecer de clorofila. Al existir esta unión, los azúcares y aminoácidos del huésped son absorbidos por los hongos, por lo que ocasionan enfermedades; o bien le causan la muerte por toxinas o la destrucción de tejidos por enzimas. (Montaner 2004)

Las micotoxinas son productos resultantes del metabolismo secundario de los hongos, que pueden desencadenar cuadros graves de toxicidad cuando las condiciones medioambientales son favorables para su producción por lo que es muy importante su prevención. Las micotoxinas más importantes desde el punto de vista agroalimentario son: las Aflatoxinas, Fumonisinias, Ocratoxinas A, Patoina, Tricoцентeno y Zearalenona. Las especies de los géneros más frecuentes son *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. (Gonzales 1997)

2.2.1.2.1 Factores que influyen en el crecimiento de micotoxinas

Los factores que pueden influir en la producción de hongos toxigénicos son:

Factores biológicos: Son aquellas cosechas compatibles y susceptibles al desarrollo de hongos, los cuales son capaces de producir micotoxinas. (Montaner 2004)

Factores físicos: Tienen influencia en el desarrollo de micotoxinas como la humedad, temperatura (en general, la producción es máxima entre los 24 °C y los 28 °C, que

corresponden a temperaturas ambiente tropicales) y los daños ocasionados por los insectos. (UNSA 2007)

2.2.1.3 Aflatoxinas

Las aflatoxinas son toxinas producidas por hongos. *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, son ubicuos y generalmente infectan productos agrícolas consumidos en países en desarrollo por grandes grupos de población, como maíz, manías y otras nueces. Las aflatoxinas se producen durante períodos de sequía o de gran stress, como ondas de calor, inundaciones, etc. (Wu 2010)

2.2.1.3.1 Factores que influyen en el desarrollo de *Aspergillus* y en la producción de aflatoxinas

Los factores implicados en el crecimiento de los hongos pertenecientes al género *Aspergillus* en los alimentos son tanto los propios del medio en el que se desarrollan (pH, composición del alimento o actividad de agua), como factores extrínsecos: humedad ambiental, temperatura de almacenamiento y competencia microbiana, en el cuadro 4, se describen los límites de crecimiento y producción de aflatoxinas (Zinedine, Mañes 2009).

Cuadro 4. Límites de temperatura, actividad del agua, pH, para crecimiento y producción de aflatoxinas por *Aspergillus Flavus* y *Aspergillus Parasíticus*.

Crecimiento	<i>A. flavus</i>	<i>A. parasiticus</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. parasiticus</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. parasiticus</i>
	Mínimo		Óptimo		Máximo	
Temperatura °C	10-12	12	33	32	43	42
Actividad de agua	0,8	0,80-0,83	0,98	0,99	>0,99	>0,99
pH	2	2	5-8	5-8	>11	>11
Producción de aflatoxinas	<i>A. flavus</i>	<i>A. parasiticus</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. parasiticus</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. parasiticus</i>
	Mínimo		Óptimo		Máximo	
Temperatura °C	13	12	16-31	25	31-37	40
Actividad de agua	0,82	0,86-0,87	0,95-0,99	0,95	>0,99	>0,99
pH	-	2	-	6	-	>8

Fuente: ICMSF, 1996

Aunque las condiciones descritas varían ligeramente en función de la fuente bibliográfica, algunos autores refieren que *A. flavus* o *A. parasiticus* crecen en un intervalo de temperatura de 10 °C - 12 °C a 42 °C - 43 °C, óptimamente, entre 32 °C y 33 °C. Pueden crecer en un intervalo de pH amplio (2,1 a 11,2) con un crecimiento óptimo entre 3,5 y 8. En cuanto a la actividad de agua (aw), los valores mínimos de crecimiento están entre 0,80 y 0,83 y el óptimo en 0,99 (Sweeney, Dobson 1998).

Las aflatoxinas reaccionan con ácidos nucleicos después de convertirse en un epóxido por medio de un citocromo P450. El epóxido reacciona con un residuo de Guanina en el ADN y ARN, lo que lleva a un proceso de depurinación, cuyo efecto primario es inhibir la síntesis proteica y de ADN (lo que explicaría el retardo en crecimiento inducido por estas moléculas) en la mayoría de tejidos activos incluyendo el hígado, los intestinos, y la médula ósea. Las aflatoxinas son insidiosas y tienen tanto una acción rápida o aguda, como un efecto crónico, a largo plazo. (Torres 2013)

El daño que hacen al ADN puede ser mutagénico, provocando típicamente un cambio de GC a AT y también cancerígena para el hígado como un efecto común de largo plazo de la exposición. Fueron clasificados como cancerígenos para el ser humano desde 1988. En países desarrollados la población consume dietas variadas que no dependen de un solo alimento. Asimismo, las normas y regulaciones son estrictamente exigidas por los

inspectores, lo cual no sucede por falta de recursos de inspección, corrupción, etc. en los países en desarrollo. (Torres 2013).

2.2.1.3.2 Clasificación de aflatoxinas

Existen seis fracciones: B1, B2, G1, G2, M1 y M2, donde la B1 en condiciones naturales, es la que se encuentra en mayor proporción, siendo la más tóxica y carcinógena. El daño característico ocurre en el hígado. (Izquierdo 1995)

2.2.1.3.3 Límites máximos permitidos de aflatoxinas

La norma coguanor 34 047 indica que el contenido máximo de aflatoxinas en el maíz no deberá ser mayor a 20 ppb. (COGUANOR 1982)

2.2.1.3.4 Consecuencias de la ingesta de aflatoxinas

Las aflatoxinas, cuando se consumen en grandes cantidades por 20 días o más seguidos, causan brotes de envenenamiento conocidos como “aflatoxicosis aguda”, que se han asociado con muertes de cientos de personas en países africanos y los expertos creen que muchas fatalidades relacionadas con el consumo de aflatoxinas pasan inadvertidas y no son reportadas a las autoridades locales de salud. (Torres 2013)

Según Gong YY, Egal AH, Turner PC, Hall AJ, Cardwell KF y Wild CP (2003) reportaron que la exposición a aflatoxinas en niños pequeños de Benín y Togo, África Occidental tiene como un determinante crítico, el destete, y reportes previos de este grupo han demostrado que la exposición a aflatoxinas durante los primeros mil días de edad resulta en retardo en talla para edad, por lo que se enfatiza la importancia de no incluir entre los alimentos del destete, productos que regularmente están contaminados con aflatoxinas, como el maíz y las manías.

En África investigadores ingleses demostraron que los niños que consumen aflatoxinas tienen un mayor riesgo de padecer de retardo en talla para edad, comparados con quienes no lo consumen (Turner 2007)

Esto se hizo evaluando biomarcadores para medir la exposición a micotoxinas, dosis interna, dosis biológicamente efectiva se han desarrollado y se usan frecuentemente en contextos humanos (Groopman 2008).

Los biomarcadores en sangre u orina permiten medir exposición a aflatoxina B1 y más recientemente, a fumonisinas, y son de utilidad para estudios epidemiológicos.

Las aflatoxinas son las micotoxinas mejor conocidas y han sido estudiadas extensivamente debido a su rol como causantes de cáncer de hígado. Las aflatoxinas son solubles en grasa y pueden medirse en sangre como un aducto de aflatoxina y albúmina, en orina como un aducto de aflatoxina y guanina y en la leche materna como aflatoxina M1. A pesar de que existen pocos datos en humanos, hay gran cantidad de estudios en animales que proveen evidencia indiscutible de que la exposición crónica a aflatoxina retrasa el crecimiento e interfiere con la absorción y utilización de micronutrientes.

Los mecanismos sugeridos para que se dé este fenómeno son 4: 1) citotoxicidad gastrointestinal que resulta en diarrea incrementada y dolor abdominal; 2) interferencia con el metabolismo de carbohidratos y ácidos grasos y síntesis de fosfolípidos; 3) exacerbación de enfermedades existentes que se ha demostrado que retardan el crecimiento; y 4) interferencia con la disponibilidad y utilización de micronutrientes (Bennet, Killich 2003).

La atención global hacia las aflatoxinas como contaminantes frecuentes de los alimentos, se ha centrado en el daño hepático que conduce a cáncer hepático, inducido por el consumo principalmente de la aflatoxina B1. Muy poca o ninguna atención se le ha dado al impacto de las aflatoxinas sobre el crecimiento de los niños expuestos a estas toxinas desde que están *in útero*. (Martínez, Vargas, Gómez 2013)

2.2.1.3.5 Actividad biológica y toxicidad de las aflatoxinas para los seres humanos

Las aflatoxinas B y G son micotoxinas genotóxicas y carcinogénicas SCF (1996), habiendo sido clasificadas por la International Agency for Research on Cancer dentro del grupo 1 (sustancias carcinogénicas para humanos), IARC (1993), También se ha descrito un potencial efecto inmunosupresor 31 revista del comité científico nº 14 y de interferencia nutricional Williams (2004) así como efectos mutagénicos, teratogénicos y hepatotóxicos Kensler (2011). Se considera que la aflatoxina de mayor poder carcinogénico es la aflatoxina B1 JECFA (1999) que, además, es la que se suele encontrar en mayor concentración en alimentos y piensos contaminados (Sweeney, Dobson 1998).

Los efectos biológicos producidos como respuesta al consumo de aflatoxinas, dependen de la variación entre especies, la edad, el sexo, el estado nutricional, los componentes de los alimentos en los que estén presentes y las interacciones con sustancias químicas.

Adicionalmente, la dosis y el período de exposición del organismo a la toxina también son muy importantes. A este respecto debe tenerse en cuenta que aunque los alimentos en los que aparecen con una mayor prevalencia son los alimentos vegetales ya mencionados, las aflatoxinas pueden acumularse en los tejidos de los animales productores de alimentos tras su ingestión y alcanzar al ser humano a través del consumo de alimentos de origen animal en los que se halla presente o por los que se ha excretado como es el caso de la leche (Deng 2010)

Sus efectos sobre el organismo están estrechamente relacionados con su estructura química, de modo genérico, se pueden clasificar como carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos, hepatotóxicos e inmunosupresores (Kensler, Roebuck, Wogan 2011)

Las manifestaciones clínicas de la aflatoxicosis aguda son vómitos, dolor abdominal, edema pulmonar, así como infiltración grasa y necrosis del hígado (Kensler et al., 2011). No obstante, la aparición de estos cuadros en seres humanos es sumamente escasa y su peligrosidad viene determinada básicamente por su toxicidad crónica.

El potencial carcinogénico de las aflatoxinas, fundamentalmente de la aflatoxina B1, ha sido bien establecido en muchas especies animales, incluyendo roedores (que tienen una alta susceptibilidad a estas sustancias), primates y peces. El hígado es de manera constante el principal órgano afectado por la acción tóxica de la aflatoxina B1. No obstante, dependiendo de la especie animal y la raza, la dosis, la vía de exposición y la dieta de los sujetos expuestos, también se han documentado tumores relacionados con la acción de las aflatoxinas en otros órganos y lugares del cuerpo tales como los riñones o el colon (Kensler 2011)

2.2.1.3.6 Inhibición de la contaminación de aflatoxinas

Las investigaciones acerca de cómo proteger el maíz contra la destrucción por contaminación de aflatoxinas han avanzado en dos direcciones: la primera es la inhibición de la propagación del *Aspergillus flavus* o *Aspergillus parasiticus*. La otra consiste en suprimir las aflatoxinas después de producidas por la infección de *Aspergillus*.

La mayoría de los investigadores han centrado su labor en la inhibición de la propagación de los hongos, y ya se han hallado algunos productos químicos eficaces en condiciones de almacenamiento; esto, sin embargo, no resuelve el problema de la contaminación en el campo producida por mohos, dado que las esporas aerotransportadas son muy abundantes en el medio ambiente. Las esporas pueden germinar en la panoja e infestar los tejidos internos en condiciones óptimas de temperatura y humedad. Por consiguiente, otros investigadores se han dedicado a estudiar la posibilidad de destoxificación. (FAO 1993)

Se ha prestado alguna atención al empleo de hidróxido de calcio, un producto químico utilizado para la cocción del maíz en agua de cal (Bressani, 1990). Los estudios efectuados ponen de manifiesto una reducción considerable de los niveles de aflatoxinas, aunque su magnitud está directamente relacionada con los niveles iniciales. Las pruebas de alimentación con maíz mohoso tratado con hidróxido de calcio han mostrado una

recuperación parcial de su valor nutritivo. Se puede disminuir considerablemente la contaminación del maíz por hongos mediante métodos de recogida y manipulación adecuados. El deterioro no sólo aumenta el costo del grano, sino que además no se puede restablecer totalmente su valor nutritivo.

A este respecto, Siriacha et al. (1989) determinaron que si el maíz desgranado se secaba inmediatamente al sol disminuían las posibilidades de contaminación en comparación con el maíz no secado y desgranado mecánica o manualmente. El desgranado favorece la contaminación por hongos, pues se deteriora la base del grano, que es áspera en comparación con el resto. En cambio, el maíz dejado en la panoja, aunque tiene niveles elevados de humedad, resiste relativamente bien a esa contaminación. (FAO 1993)

2.2.1.4 Tapanco como estructura de almacenamiento

Es un piso que se construye debajo del tejado de una casa, por encima del cielo raso de los cuartos, que generalmente se utiliza para guardar utensilios o para almacenar semillas. (Glosario 2006)

El tapanco es una estructura que forma parte del techo de una vivienda, compuesta principalmente por lámina y madera. Su función principal es proteger la vivienda y sus integrantes de agentes naturales, pero las familias han adaptado este elemento como un medio de doble propósito, primero: para el secado de granos de maíz, segundo: Como estructura de almacenamiento de granos de maíz.

La estructura ha sido utilizada por diversas generaciones por lo que han incorporado este elemento como medio de almacenamiento dentro de la producción del maíz. El problema es que la falta de conservación de la materia prima, la falta de higiene y el manejo inadecuado de la estructura favorecen y aumentan el porcentaje de grano dañado.

2.2.1.5 Caja azul, para evaluar niveles de aflatoxinas

La caja azul es una herramienta propuesta por el Programa Mundial de Alimentos (PMA) para analizar: presencia de aflatoxinas de forma cualitativa y cuantitativa en granos básicos. Está compuesta por una serie de instrumentos que apoyan el proceso de análisis e identificación de aflatoxinas presentes en granos de maíz, que las familias del altiplano consumen.

Las herramientas que posee la caja azul son las siguientes:

- a) Chuzo para tomar muestras
- b) Balanza digital
- c) Tamices – Official USDA graindockagesieves
- d) Convertidor
- e) Medidor de humedad
- f) Prueba para ensayo de aflatoxina–RevealfromNeogen
- g) Juego inicial -molino, reloj, pipeta, puntas
- h) Metanol o etanol
- i) Copitas para muestras, probeta, filtros

2.2.1.6 Prueba para ensayo de aflatoxina–RevealfromNeogen

Reveal Q+ de Neogen es una prueba cuantitativa, extremadamente fáciles de usar y de interpretar las tiras reactivas. El lector de prueba de flujo lateral AccuScan-Pro ofrece un método fácil de leer objetivamente, almacenar y analizar los resultados de la línea de productos Reveal de Neogen. (Productos químicos MAGIAR S.A.)

Esta prueba constituye un ensayo inmunocromatográfico de un solo paso basado en un formato de inmunoensayo competitivo destinado a la detección visual de la aflatoxina en maíz, harina de gluten de maíz, harina de maíz, maíz / mezcla de soja, semilla de algodón, harina de semilla de algodón, sémola de maíz, mijo, maní, palomitas de maíz, arroz, harina de soja y trigo. (Productos químicos MAGIAR S.A.)

A continuación, se presentan las principales características de la prueba para ensayo de aflatoxinas, en la figura 6, se especifica el equipo de prueba Reveal cuantitativa.

- a) Posee una sensibilidad: 20 ppb
- b) Tiempo de prueba: 3 minutos
- c) Anticuerpos de reactividad cruzada: Aflatoxinas totales (B1, B2, G1, G2)
- d) Almacenamiento: Temperatura ambiente (18 °C - 30 °C)
- f) Pruebas por kit: 25
- g) Aprobaciones: USDA/GIPSA 2012-001, 002, 003 y 004



A

B

Fuente: Productos químicos MAGIAR S.A.

Figura 6. Equipo de prueba Reveal cuantitativa

A. Equipo de prueba Reveal® Q+ de Neogen cuantitativa. B. En la prueba cualitativa si se observan 2 líneas bien definidas significa que: El procedimiento está bien realizado y la muestra se encuentra a menos de 20 ppm de aflatoxinas, Si solo aparece una línea significa que la muestra es positiva y el maíz se encuentra contaminado con aflatoxinas.

2.2.2 Marco Referencial

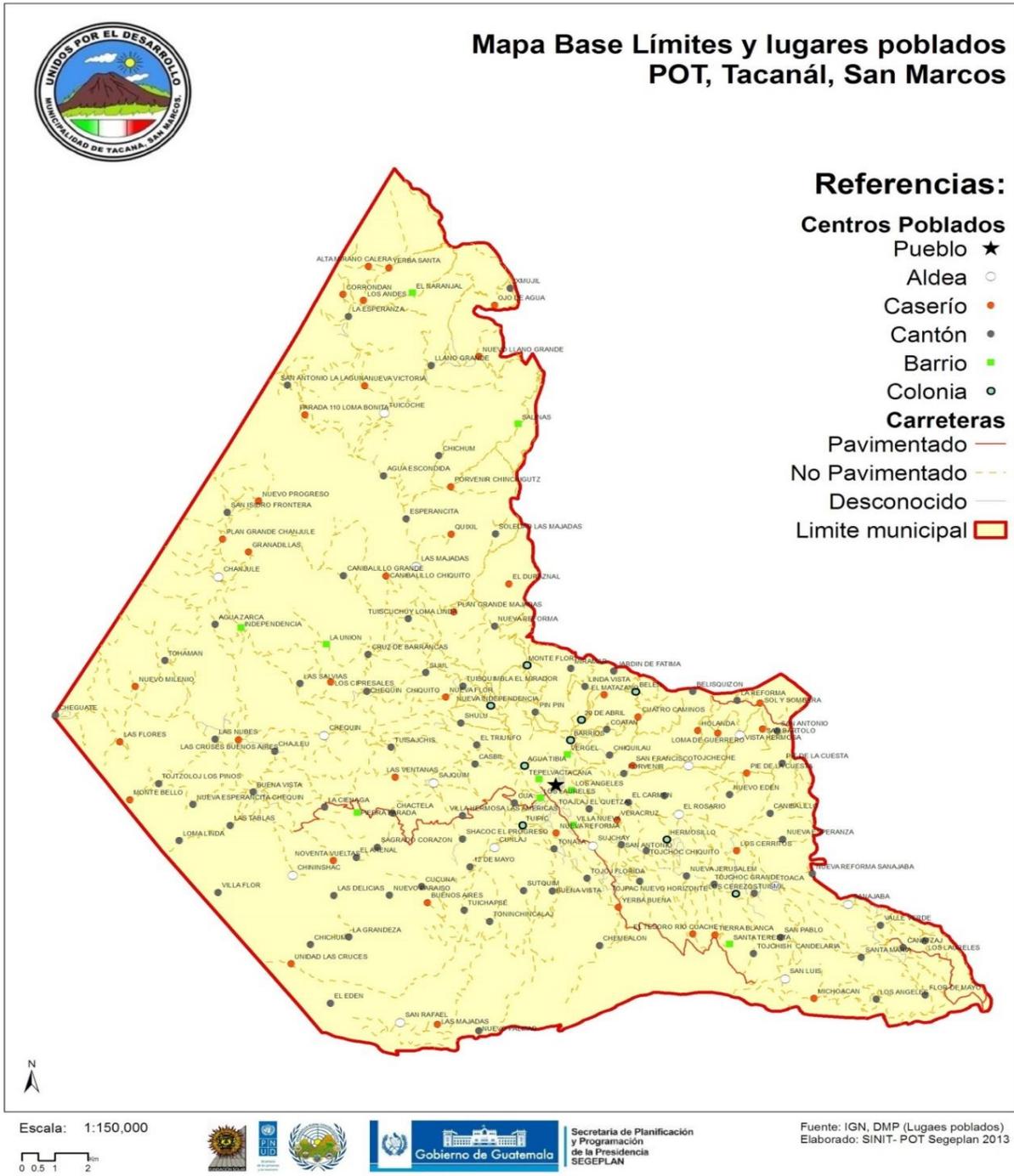
2.2.2.1 Municipio de Tacana del departamento de San Marcos

El municipio de Tacaná se encuentra a una distancia de 72 km de la cabecera departamental de San Marcos y 322 km de la ciudad capital. Situado a 2,416 m s.n.m. en las coordenadas latitudinales $15^{\circ} 14'28.4''$ norte y longitudinales $92^{\circ}03' 59.4''$ oeste, tiene una extensión territorial aproximada de 302 km², su clima es predominantemente frío, aunque existe una diversidad de microclimas de acuerdo a la ubicación geográfica de sus comunidades. (SEGEPLAN 2011)

El municipio de Tacaná, colinda al norte con el municipio de Tectitán, departamento de Huehuetenango, al sur con el municipio de Sibinal, departamento de San Marcos y el estado de Chiapas de la República Mexicana; al oriente con los municipios de San José Ojetenam e Ixchiguán del departamento de San Marcos y Tectitán del departamento de Huehuetenango. Al oeste con el estado de Chiapas de la República Mexicana. (SEGEPLAN 2011)

2.2.2.2 Accidentes geográficos

En el municipio se encuentra la entrada de la Sierra Madre a territorio nacional, tiene en su jurisdicción el volcán de Tacaná que sirve de límite territorial entre Guatemala y México, el segundo más alto de Centro América con una altitud de 4,109 m s.n.m. también se encuentran cuatro montañas, dieciocho cerros, lo riegan cuarenta y cuatro ríos, un riachuelo, doce arroyos y trece quebradas, siendo el río Cohatán su principal riqueza hidrológica y uno de sus recursos que identifican al municipio, en la figura 7, se encuentra el mapa base, límites y lugares poblados del municipio de Tacaná (SEGEPLAN 2011)



Fuente: IGN 2013

Figura 7. Mapa del municipio de Tacaná

2.2.2.3 Ubicación geográfica de cantón Santa María de aldea Sanajaba

La comunidad de Santa María se encuentra en el área oriente del municipio, en la micro-región de San Pablo, a una distancia de 26 km de la cabecera municipal y a 62 km de la cabecera departamental, situada a 3,059 m s.n.m. en las coordenadas latitudinales 15° 11' 18.5" norte y longitudinales 91° 58' 54.0" oeste.

Santa María colinda a este con Canatzaj y Flor de Mayo, al oeste con Sanajabá al norte con Valle Verde y Sanajabá, al sur con los Ángeles y Michoacán, todas también del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos.

La extensión territorial de la comunidad es de 10 km² aproximadamente. El clima es frío la temperatura promedio oscila entre 15 °C – 20 °C.

En Santa María viven 135 familias, en 112 viviendas. El único idioma que hablan las familias es el español. (SEGEPLAN 2011)

Como se puede observar en la figura 8, es el área que pertenece a la comunidad de Santa María, los puntos rojos son los hogares donde se colectaron las muestras de maíz almacenadas en estructuras tipo tapanco.



Fuente: CNES, 2017

Figura 8. Mapa de ubicación de hogares de Santa María

2.2.2.4 Ubicación geográfica de aldea El Rosario

La comunidad se encuentra en el área oriente del municipio en la micro-región aldea el Rosario, a una distancia de 7.00 km de la cabecera municipal y a 83 km de la cabecera departamental, situada a 2,406 m s.n.m. en las coordenadas latitud norte 15° 13' 54.0", longitud oeste 92° 01'54.0".

Colindan al oriente: con aldea Toacá, al poniente: Con El Carmen Sujchay, al norte: Con Tojcheche al sur: Con Nueva Jerusalén, todas también del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos. La extensión territorial de la comunidad es de 5.00 km² aproximadamente y su clima es frío en un promedio de 19 °C a 20 °C. (SEGEPLAN 2011)

En el Rosario viven 105 familias, con un promedio de 10 miembros por familia, en 111 viviendas. El idioma que hablan 105 familias es el español (96 %), el idioma mam lo hablan el 4 % de la población.

Como se puede observar en la figura 9, es el área que pertenece a la comunidad de Rosario, los puntos rojos son los hogares donde se colectaron las muestras de maíz almacenadas en estructuras tipo tapanco.



Fuente: CNES, 2017

Figura 9. Mapa de ubicación de hogares aldea Rosario

2.2.2.5 Ubicación geográfica de cantón Esperanza de aldea Tuicoche

Cantón La Esperanza se encuentra en el área norte del municipio a una distancia de 42.00 km de la cabecera municipal y 114 km de la cabecera departamental. Situada a 1,837 m s.n.m. en las coordenadas latitudinales 15° 22' 59.1" norte y longitudinales 92° 07' 40.9" oeste. Cuenta con la extensión territorial de 20.00 km². Su clima es templado en un promedio de 20 °C – 22 °C.

La Esperanza colinda al norte con Mazapa (México), sur con aldea Tuicoche, al poniente con el cantón San Antonio la Laguna, y al oeste con cantón Llano Grande.

En la esperanza viven 160 familias, con un promedio de 4 a 6 miembros por familia, en 299 viviendas porque hay varios laboristas que solo llegan en tiempo de siembras y cosechas. El único idioma que hablan las familias es el español. (SEGEPLAN 2011)

Como se puede observar en la figura 10, es el área que pertenece a la comunidad de Esperanza Tuicoche, los puntos rojos son los hogares donde se colectaron las muestras de maíz almacenadas en estructuras tipo tapanco.



Fuente: CNES, 2017

Figura 10. Mapa de ubicación de hogares cantón Esperanza

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Determinar la presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en tapanco, en cantón Santa María de aldea Sanajaba, aldea Rosario y cantón la Esperanza de aldea Tuicoche, municipio de Tacaná del departamento de San Marcos.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, utilizando la caja azul.
2. Identificar los niveles de aflatoxinas presentes en los granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco.
3. Describir las posibles causas de la presencia de las aflatoxinas, en estructuras tipo tapanco.

2.4 HIPÓTESIS

Los granos de maíz almacenados en tapanco de las comunidades: Cantón Santa María de aldea Sanajaba, aldea Rosario y cantón la Esperanza de aldea Tuicoche, del Municipio de Tacaná, departamento de San Marcos, presentan niveles de aflatoxinas que supera las 20 ppb.

2.5 METODOLOGÍA

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) dentro del marco del Programa Conjunto (PC), priorizan trabajar con cuatro municipios los cuales son: Esquipulas Palo Gordo, San Lorenzo, Tajumulco y Tacaná, del departamento de San Marcos. En los cuatro municipios se seleccionaron comunidades con el apoyo de los extensionistas del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) quienes tienen mayor intervención en el área, estas comunidades se priorizaron para el desarrollo del proyecto.

De los cuatro municipios priorizados en el marco del Programa Conjunto se seleccionó el municipio de Tacaná, porque cuenta con mayor población y por ende demanda mayor necesidad.

En el municipio de Tacaná se seleccionaron trece comunidades dentro de las cuáles podemos mencionar: Santa María, Valle Verde, Sanajaba, Rosario, Coatan, Tojcheche, Majadas, Plan Grande, Esperanza Tuicoche, Ventanas, Sajquim, Belesquizón y Cháctela, en estas comunidades se apoyó con extensión agrícola y servicios de asistencia técnica.

De las trece comunidades priorizadas en el municipio de Tacaná, se seleccionaron tres comunidades para la realización de este estudio, tomando en cuenta la ubicación geográfica de las comunidades y según el análisis de pisos altitudinales (m s.n.m.), las tres comunidades seleccionadas fueron: cantón Santa María ubicada a 3,059 m s.n.m. (parte alta), aldea El Rosario ubicada a 2,406 m s.n.m. (parte media) y cantón La Esperanza ubicada a 1,837 m s.n.m. (parte baja) (SEGEPLAN 2011)

Se presenta el listado de las trece comunidades priorizadas por el Programa Conjunto, la altitud (m s.n.m.), ubicación geográfica de las comunidades y extensión territorial.

El objetivo de establecer estas tres comunidades es que según su ubicación geográfica se conoció la incidencia de la aflatoxina en maíz almacenado en tapanco.

Las comunidades se seleccionaron porque están dentro del área de intervención del marco del Programa Conjunto (PC) y el análisis se realizó en la parte alta, media y baja del municipio.

En el cuadro 5, se encuentra el análisis de selección de comunidades según pisos altitudinales en el municipio de Tacaná, departamento de San Marcos, las líneas marcadas de color amarillo son las comunidades óptimas para evaluar presencia de aflatoxinas.

2.5.1 Reconocimiento de los tapanco como estructura de almacenamiento

- a) se Informó a la auxiliatura de la comunidad y al promotor agropecuario sobre: El análisis de maíz para evaluar niveles de aflatoxina y se procedió a identificar a las familias seleccionadas. Comentándole al líder de cada familia el motivo de la visita y si estaba en la disposición de participar y apoyar la investigación.
- b) Con la aprobación de la familia participante se precedió a indagar por el hogar, principalmente identificando las condiciones de ensilaje del tapanco como estructura de almacenamiento de granos de maíz.
- c) Se tomó nota de cómo está formado el tapanco como estructura de almacenamiento (composición, altura y ancho del tapanco.)
- d) Se identificaron potenciales amenazas que favorezcan el crecimiento de aflatoxinas dentro de las cuales podemos mencionar: presencia de roedores e insectos, láminas perforadas, etc.

Cuadro 5. Selección de comunidades según pisos

Comunidad.	Altitud (m s.n.m.)	Distancia (km)	Extensión Territorial (km ²)	Cantidad de familias.
Aldea Majadas	2618	18.00	3.00	170
Aldea Sajquim	2555	6.00	13.00	220
Aldea Sanajabá	2852	16.00	4.67	149
Aldea Tojcheche	2635	6.00	26.00	148
Cantón Belesquizon	2775	8.00	6.00	76
Cantón Chactelá	2217	10.00	6.00	145
Cantón Cohatan.	2488	4.00	12.00	57
Cantón la Esperanza.	1837	42.00	20.00	299
Cantón Santa María	3059	26.00	10.00	112
Cantón Valle Verde	3032	18.00	5.00	105
Caserío las Ventanas	2635	11.00	12.00	40
Caserío Plan Grande Majadas.	2050	13.00	3.00	40
Aldea el Rosario	2406	7.00	5.00	105

Fuente: SEGEPLAN 2011

2.5.2 Instalación de higrómetros dentro de la estructura tipo tapanco

- a) Se instaló un higrómetro en el tapanco de un hogar seleccionado, de las seis familias participantes, por cada comunidad, donde se colectó la muestra de granos de maíz, en total se instalaron tres higrómetros, marca Casio, estos son aparatos especializados para medir la humedad y la temperatura de una estructura de almacenamiento, con el objetivo de conocer las condiciones climáticas que se presentan en la instalación donde se almacena el maíz, y registrar datos que permitan establecer si existe la humedad y temperatura propicias para la producción de aflatoxinas.
- b) El análisis se realizó en los tapancos de las comunidades: Cantón Santa María, aldea Rosario y cantón Esperanza de aldea Tuicoche.
- c) Los registros se realizaron tres veces al día, el primer registro se realizó en horario matutino de 6:00 h - 7:00 h, el segundo registro se realizó en horario vespertino de 12:00 h – 13:00 h y el último registro se realizó en horario nocturno de 18:00 h - 19:00 h. En la figura 11, se describe el proceso de instalación de higrómetros y sistematización de datos.

2.5.3 Colecta de muestras en tapancos

- a) Con el listado de 18 familias participantes, 6 familias de cada comunidad del municipio de Tacaná del departamento de San Marcos, se procedió al campo a coleccionar las muestras de maíz, almacenado en tapanco.
- b) Se solicitó a cada familia participante 1 kg de maíz para ser analizado en el laboratorio, ubicado en las oficinas del Programa Conjunto (PC) en el departamento de San Marcos, utilizando la caja azul una propuesta implementada por el Programa Mundial de Alimentos (PMA).



A



B



C

Fuente: elaboración propia

Figura 11. Fotografías sobre el proceso de instalación de higrómetros

A. Reconocimiento del tapanco. B Ubicación del higrómetro en la estructura de almacenamiento tipo tapanco. C. Toma de datos del higrómetro.

- c) Por 1 kg de maíz, se pagó la cantidad de Q. 2.50 a los líderes de las familias, obteniendo un total de 6 muestras por cada comunidad priorizada en el municipio de Tacaná.
- d) Se utilizaron bolsas especiales para albergar la muestra evitando alterar las condiciones biológicas del grano de maíz.
- e) Se condujeron las muestras al laboratorio para ser evaluadas, en la figura 12 se detalla el proceso de colecta de muestras en tapancos.

2.5.4 Procedimiento de análisis de muestras de maíz, empleando la caja azul

Se realizaron dos procedimientos: Análisis físico y análisis químico de muestras los cuales se describen de la siguiente manera:

2.5.4.1 Análisis físico de muestras de maíz evaluando niveles de: grano dañado, impurezas y humedad

- a) Se tomó una muestra proveniente del campo, se abrió, posteriormente se pesaron 1000 g de maíz, se depositaron los granos de maíz sobre un tamiz y se mezclaron por un minuto para homogenizar la muestra.
- b) Se pesaron 100 g de maíz, depositándolos en el tamiz para obtener el porcentaje de grano dañado, (grano dañado es todo tipo de grano de maíz que presenta características anormales en su estructura como, por ejemplo: grano germinado, picado, con presencia de hongo, arrugado, manchado o de otro color en el caso del maíz contrastante y arrugado) se anotó el dato obtenido en la boleta de registro.



A



B



C



D

Fuente: elaboración propia

Figura 12. Fotografías sobre el proceso de colecta de muestras

A. Reconocimiento de las instalaciones de almacenamiento tipo tapanco (altura, ancho.)
 B. identificación de amenazas que favorezcan el crecimiento de aflatoxinas. (Humedad, temperatura, roedores, insectos.) C. Desgrane de mazorcas de maíz. D. Muestras en laboratorio identificadas con nombre del lugar y familia.

- c) Se calculó el porcentaje de grano quebrado, (se refiere a los granos que presentan un daño mecánico, que se encuentre en pedazos o a la mitad). El porcentaje es obtenido a partir de los 100 g.
- d) Se pesaron y eliminaron las impurezas (palos, hojas, olores, rastrojos, piedras, basura etc), se sistematizó la información de los datos obtenidos, en la boleta de registro.
- e) Se encendió el detector de humedad, se pesaron 140 g de maíz y se colocaron en el detector para obtener el nivel de humedad, este procedimiento se realizó las veces que eran necesarias, para estar seguro de que se registró un promedio adecuado de humedad, luego se anotó el dato en la boleta de registro.

2.5.4.2 Análisis químico de muestras de maíz, evaluando niveles de aflatoxina

- a) Se pesaron 25 g de maíz, se molieron por 1 min hasta que el grano de maíz presentaba una consistencia fina.
- b) Se pesaron 10 g de harina de maíz, luego se depositaron en un frasco esterilizado, se mezclaron 20 ml de alcohol al 70 % preparado con agua destilada y se agitó el frasco por 3 min.
- c) Se sincronizó el cronómetro por 3 min y se dejó reposar el compuesto por 3 min más.
- d) Se extrajo el líquido y se depositó en la jeringa con algodón para el filtrado del líquido y luego se depositó en el tubo de ensayo ya filtrado.
- e) Se extrajeron 200 µl (2 pipetas) y se dejaron reposar por 3 min, luego se depositaron 200 µl (2 pipetas) de diluyente de aflatoxinas y se dejó reposar por 3 min nuevamente; y luego se colocó la tira para detectar aflatoxinas.

- f) Se revisó a los tres min la tira, si se observa 2 líneas bien definidas significa: Que el procedimiento de análisis se realizó de manera correcta y se encuentra a menos de 20 ppm (negativa) de aflatoxinas, significa que el grano puede consumirse. Si solo aparece una línea significa que está por encima de 20 ppm la muestra es positiva y el maíz se encuentra contaminado con aflatoxinas. Si es positiva la muestra se repite el procedimiento para corroborar el resultado y si vuelve a ser positivo se confirma que el maíz que se consume posee aflatoxinas.

- g) Se identificó el frasco con el nombre de la comunidad de procedencia de la muestra, fecha y quien recibió la muestra y se guarda identificándolos por cualquier anomalía.

- h) Con las tiras reactivas se encendió el lector de prueba de flujo lateral AccuScan-Pro con el cual se tuvo un método fácil de leer objetivamente, almacenar y analizar los resultados de la línea de productos Reveal de Neogen.

- i) Se sistematizo la información en la boleta de registro de resultados obtenidos, en la figura 13, se describe el proceso de análisis de muestras en laboratorio.



A



B



C



D

Continúa figura 13.



E



F



G

BOLETA DE CAMPO PARA EVALUAR LA CALIDAD DE GRANO DE MAÍZ BLANCO				
Datos Generales				
Organización:	Solo F		Comunidad:	El Dorado
Persona agricultora:	Catalina Morales		Municipio:	Tirunahua
Lote/Hacienda:			Departamento:	San Marcos
Télex:	Paz Landa		Forma:	
Fecha:	23-11-15		Color de grano:	Blanco
Tamaño del lote en qq:			Tamaño de la muestra:	
Material genético:	Criollo:		Variedad:	
Nombre del piloto:			Híbrido:	No sabe
			Paca y marca del camión:	
Análisis				
Presencia de aflatoxinas menor de 20 ppb:	SI	NO	Presencia de insectos vivos (requerida la no presencia):	SI
	X			NO
			Humedad Máx. 14%:	22.6
			Impurezas Máx. 3%:	1
			Grano quebrado Máx. 3%:	6
Grano Dañado en %: (germinados, picados, hongos, fermentados, calentamiento)				
Grano Contrastante en %:				
Pegar foto utilizada para el control de aflatoxinas.				
Se le informó a la persona agricultora	SI	NO	Si marca NO explique porque:	
Se le informó a la organización	SI	NO	Si marca NO explique porque:	

H

Fuente: elaboración propia

Figura 13. Fotografías sobre el proceso de análisis de muestras en laboratorio

A. Homogenización de la muestra y eliminación de impurezas. B. Detector de Humedad. C. Pesar 100 g para eliminar el grano dañado (germinado, quebrado, picado, hongo, arrugado). D. Molienda de maíz hasta que este fino. E. Si se observan 2 líneas bien definidas significa que está bien hecho el procedimiento y se encuentra a menos de 20 ppm. G. Análisis cuantitativo de niveles de aflatoxinas. H. Llenado de boleta de información y resultados obtenidos.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Resultados de temperatura y humedad de cantón Santa María.

Los resultados obtenidos muestran que en el cantón Santa María: En la mañana (6:00 h – 7:00 h), la temperatura promedio que se encuentra dentro de la estructura de almacenamiento tipo tapanco es baja (10.3 °C), pero el promedio de humedad es alto (77.92 %).

Al medio día (12:00 h – 13:00 h), el promedio de temperatura aumenta (19.7 °C) pero el promedio de humedad se reduce (53.53 %).

En la tarde (18:00 h – 19:00 h) el promedio de temperatura disminuye (12.94 °C) pero el promedio de humedad aumenta nuevamente (73.54 %). En la figura 10, se observa el comportamiento de temperatura y humedad que existe en los tapancos.

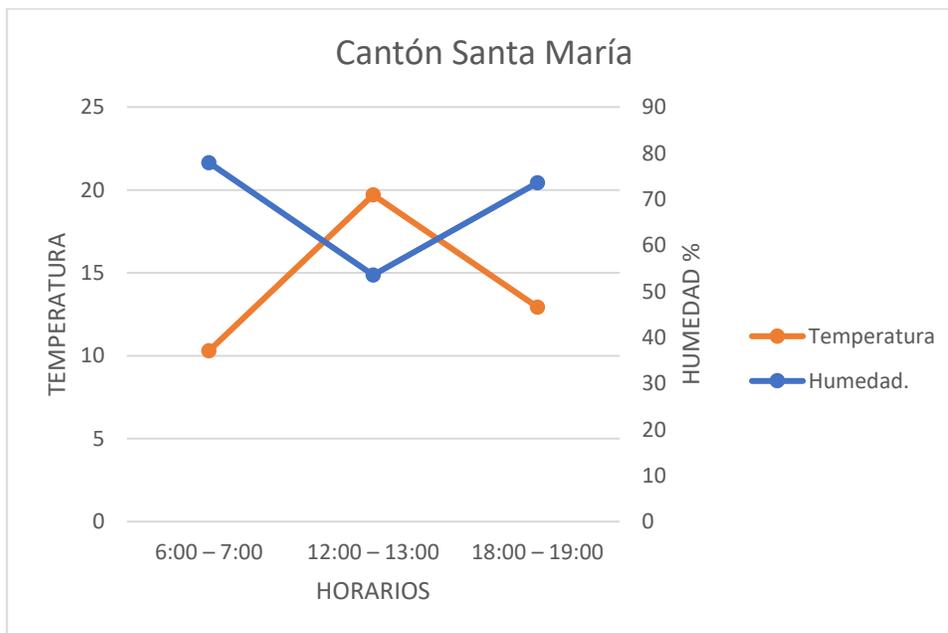


Figura 14. Gráfica sobre temperatura y humedad cantón Santa María

Comportamiento de la temperatura y humedad promedio en la estructura tipo tapanco, de cantón Santa María del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos.

2.6.2 Resultados de temperatura y humedad de aldea el Rosario

Para aldea el Rosario los resultados obtenidos muestran que: En la mañana (6:00 h – 7:00 h) la temperatura promedio que se encuentra dentro de la estructura de almacenamiento tipo tapanco es baja (12.3 °C), pero el promedio de humedad es alto (82.27 %).

Al medio día (12:00 h – 13:00 h) el promedio de temperatura aumenta (28.21 °C) pero el promedio de humedad se reduce (40.57 %).

En la tarde (18:00 h – 19:00 h) el promedio de temperatura disminuye (17.1 °C), pero el promedio de humedad aumenta nuevamente (70.6 %). En la figura 11, se observa el comportamiento de temperatura y humedad que existe en los tapancos.

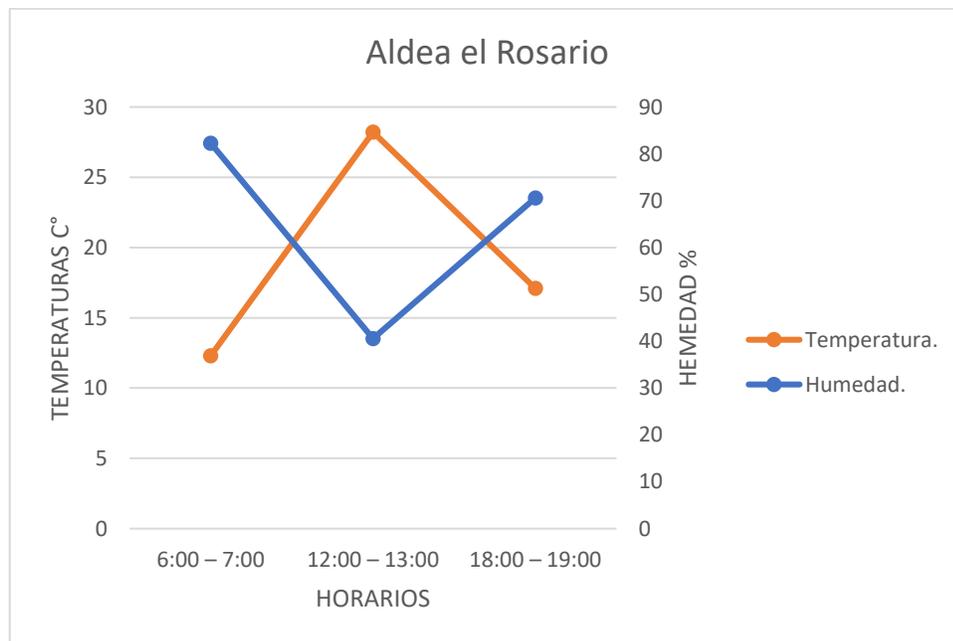


Figura 15. Gráfica sobre temperatura y humedad aldea el Rosario

Comportamiento de la temperatura y humedad promedios de la estructura tipo tapanco, de aldea Rosario del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos.

2.6.3 Resultados de temperatura y humedad de cantón Esperanza de aldea Tuicoche

Los resultados obtenidos muestran que en cantón Esperanza de aldea Tuicoche: En la mañana (6:00 h – 7:00 h) la temperatura promedio que se encuentra dentro de la estructura de almacenamiento tipo tapanco es baja (16.24 °C), pero el promedio de humedad es alto (84.06 %).

Al medio día (12:00 h – 13:00 h) el promedio de temperatura aumenta (33.55 °C) pero el promedio de humedad se reduce (37.2 %).

En la tarde (18:00 h – 19:00 h) el promedio de temperatura disminuye (20.93 °C), pero el promedio de humedad aumenta nuevamente (72.27 %), en la figura 12, se observa el comportamiento de temperatura y humedad que existe en los tapancos.

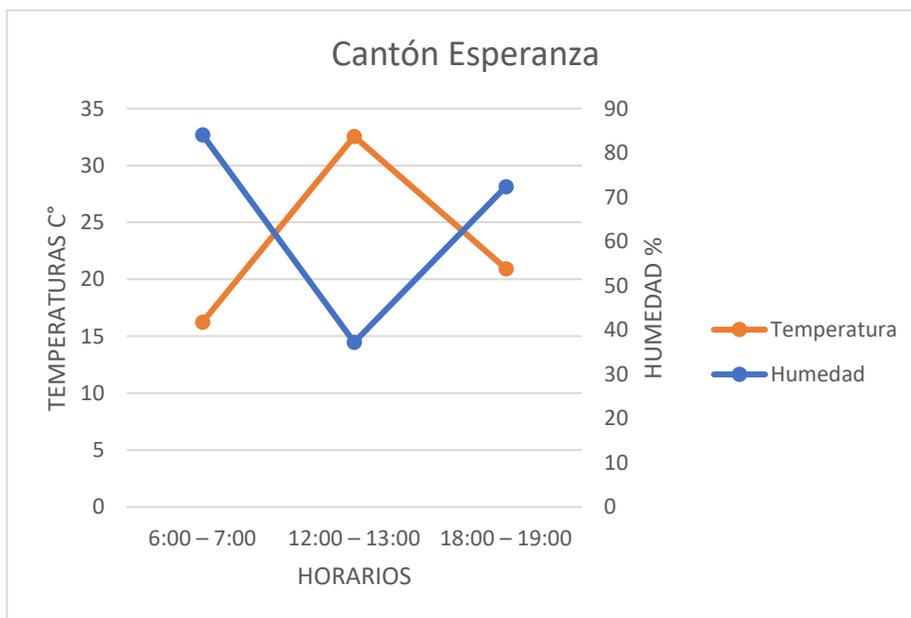


Figura 16. Gráfica sobre temperatura y humedad cantón Esperanza

Comportamiento de la temperatura y humedad promedios de la estructura tipo tapanco, de cantón Esperanza aldea Tuicoche del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos.

2.6.4 Resultado de análisis de muestras de maíz, sobre impurezas y grano dañado de cantón Santa María

Según los resultados obtenidos podemos observar: En el primer análisis el porcentaje de impurezas es de 1 % este porcentaje se mantiene ya que antes de almacenar el grano, los productores hacen una limpia, eliminando restos de olote, tamo palos, hojas, piedras entre otros. En el segundo análisis el porcentaje de impurezas aumenta a 1.16 % esta situación ocurre porque el tapanco no presenta condiciones adecuadas de almacenamiento, en el tercer análisis las impurezas se reducen a 1 % ya que la cantidad de maíz que está almacenado en el tapanco es baja.

En grano dañado el porcentaje aumenta del primer análisis que se encuentra a 2.83, en el segundo y tercer análisis se mantiene constante en 3.83, en la figura 13, se observa el comportamiento de los porcentajes de impurezas, grano dañado y grano quebrado en maíz.

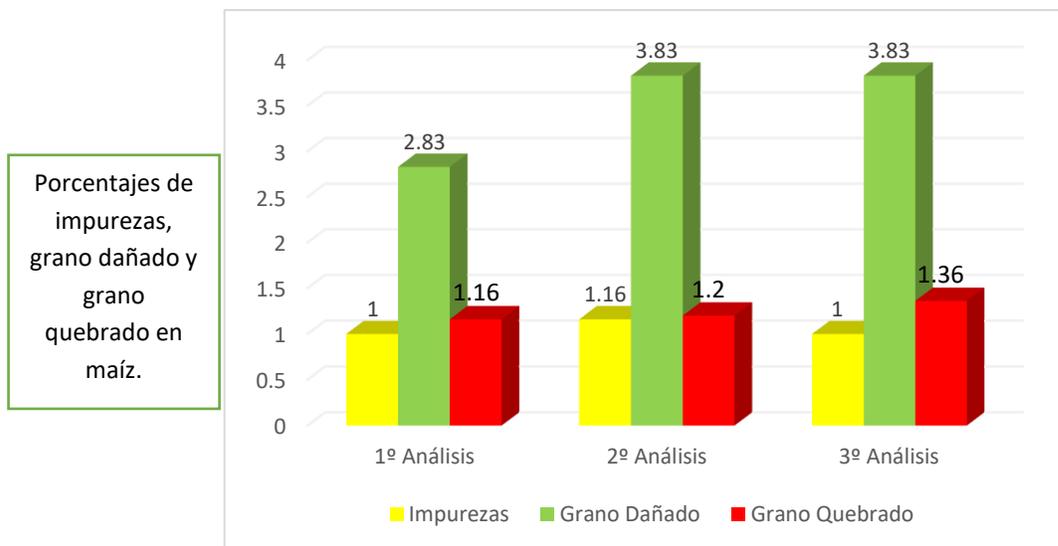


Figura 17. Gráfica de análisis físico de muestras de maíz cantón Santa María

Promedio del análisis de resultados sobre porcentaje de impurezas y grano dañado en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, en Santa María de aldea Sanajaba, del municipio de Tacaná departamento de San Marcos.

2.6.5 Resultados de análisis de muestras de maíz, sobre impurezas y grano dañado en aldea Rosario

Según los resultados obtenidos podemos observar: En el primer análisis el porcentaje de impurezas es de 1 %, este porcentaje se mantiene ya que antes de almacenar el grano, los productores hacen una limpia, eliminando restos de olote, tamo, palos, hojas, piedras entre otros. En el segundo análisis el porcentaje de impurezas aumenta a 1.5 % esta situación ocurre porque el tapanco no presenta condiciones adecuadas de almacenamiento, En el tercer análisis las impurezas se reducen a 1 % ya que la cantidad de maíz que está almacenado en el tapanco es baja.

En el caso de grano dañado el porcentaje aumenta del primer análisis que se encuentra a 2.5, en el segundo análisis aumenta a 4.05 y en el tercer análisis aumenta a 4.16, en la figura 14, se observa el comportamiento de los porcentajes de impurezas, grano dañado y grano quebrado en maíz.

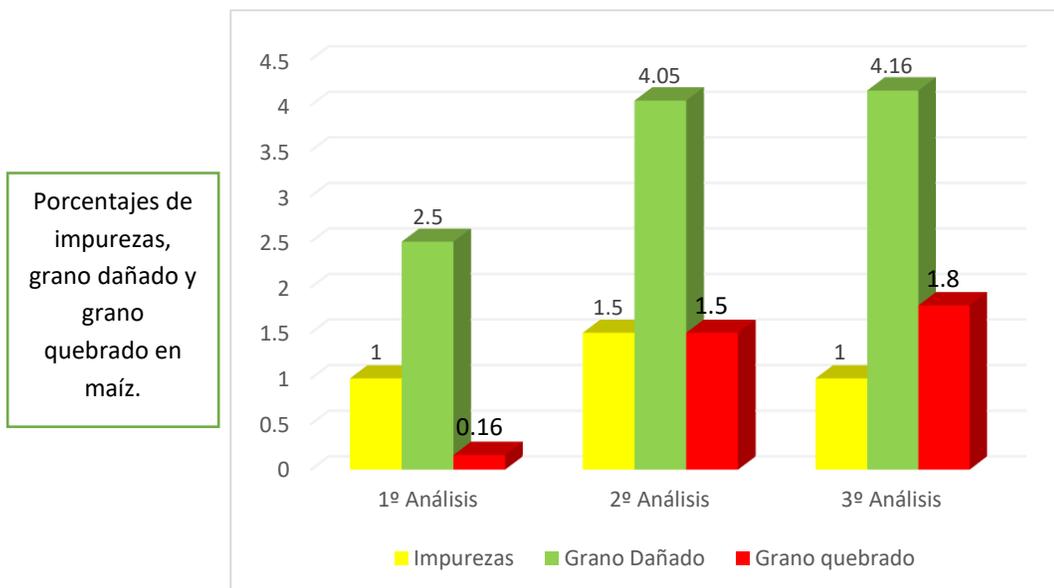


Figura 18. Gráfica de análisis físico de muestras de maíz en aldea Rosario

Promedio del análisis de resultados sobre porcentaje de impurezas y grano dañado en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, en aldea Rosario, municipio de Tacaná departamento de San Marcos.

2.6.6 Resultados de análisis de muestras de maíz, sobre impurezas y grano dañado en cantón Esperanza de aldea Tuicoche

Según los resultados obtenidos podemos observar: En el primer análisis el porcentaje de impurezas es de 1.33 %, este porcentaje se mantiene ya que antes de almacenar el grano, los productores hacen una limpia, eliminando restos de olote, tamo, palos, hojas, piedras entre otros. En el segundo análisis el porcentaje de impurezas aumenta a 1.66 % esta situación ocurre porque el tapanco no presenta condiciones adecuadas de almacenamiento, en el tercer análisis las impurezas se reducen a 1.16% ya que la cantidad de maíz que está almacenado en el tapanco es baja.

En el caso de grano dañado el porcentaje aumenta del primer análisis que se encuentra a 4.16, en el segundo análisis aumenta a 5.16 y en el tercer análisis se reduce a 4.5, en la figura 15, se observa el comportamiento de los porcentajes de impurezas, grano dañado y grano quebrado en maíz.

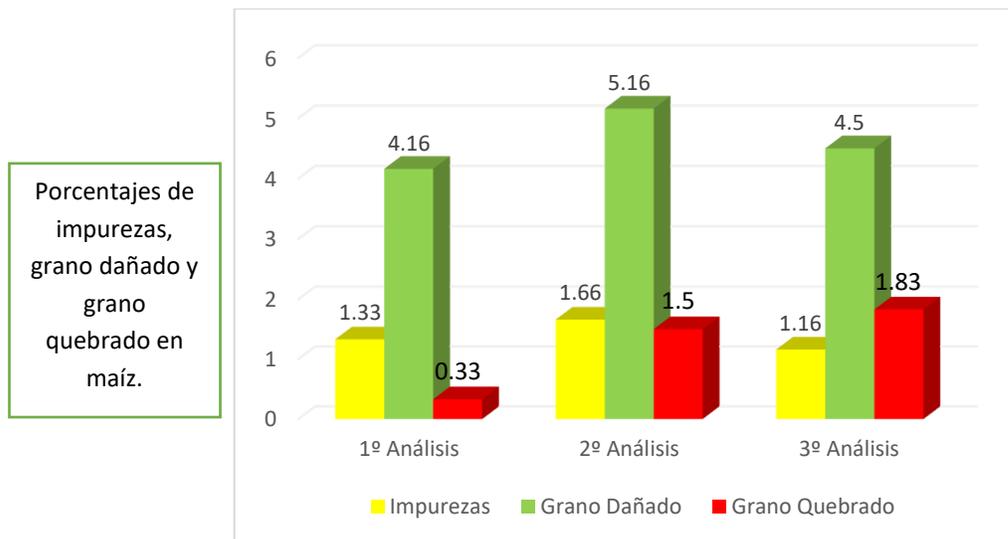


Figura 19. Gráfica de análisis físico de muestras de maíz cantón Esperanza

Promedio del análisis de resultados sobre porcentaje de impurezas y grano dañado en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, en Esperanza Tuicoche, municipio de Tacaná departamento de San Marcos.

El manejo inadecuado del tapanco como estructura de almacenamiento de granos de maíz, favorece la presencia de impurezas y grano dañado, ya que la mayor parte de familias utilizan el tapanco como bodega, no solo como estructura de almacenamiento por lo que aumenta el riesgo de presencia de plagas como roedores y enfermedades por lo que el maíz está expuesto a contaminarse de aflatoxinas.

En algunos casos la lámina que protege el tapanco se encuentra perforada por lo que el grano está expuesto a factores abióticos tales como lluvia, heladas, entre otros y bióticos como: roedores, aves.

2.6.7 Resultado de análisis cuantitativo de aflatoxinas de las tres comunidades

En el cuadro 6, de acuerdo a los resultados obtenidos de las tiras reactivas se analizaron objetivamente los siguientes resultados

Por lo que en los resultados obtenidos del análisis cuantitativo podemos observar que: Ninguna muestra está por encima de las 20 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ establecidas.

El resultado más alto registrado es del cantón Santa María, en la estructura de almacenamiento tipo tapanco del hogar de la productora Berta Ortiz, con un total de 7.7 ppb de aflatoxina.

El segundo registro es de aldea el Rosario, en la estructura de almacenamiento tipo tapanco del hogar de la productora Silveria López, con un valor de 7.7 ppb.

El tercer registro es de cantón Santa María, en la estructura de almacenamiento tipo tapanco del hogar de la productora Blanca Ortiz, con un valor de 6.9 ppb.

Cuadro 6. Análisis cuantitativo de aflatoxinas

Comunidad.	Productor agrícola.	Color del grano.	Presencia de insectos.	Humedad del grano.	Aflatoxinas ppb.
Santa María	Blanca Ortiz	Amarillo	Si	17	6.9
Santa María	Berta Ortiz	Amarillo	Si	17.1	8
Santa María	Clarisa Roblero	Amarillo	si	16	6.8
Santa María	Felicita Escalante	Amarillo	No	14	3.8
Santa María	Florinda Roblero	Amarillo	No	18	3.7
Santa María	Mariman Roblero	Amarillo	No	13.7	5.3
Rosario	Blanca Morales	Amarillo	No	14.8	3.2
Rosario	Dinamar López	Amarillo	Si	16.1	3.5
Rosario	Clementina Roblero	Mixto	Si	15.7	3.3
Rosario	Silveria López	Amarillo	Si	17.1	7.7
Rosario	Catalina Morales	Mixto	Si	15.8	6.7
Rosario	Claudia Gonzáles	Mixto	Si	12.4	5.3
Esperanza	Saraí Barrios	Blanco	Si	16.5	3.2
Esperanza	Justina Pérez	Blanco	No	18	4.5
Esperanza	Amelia Gonzáles	Blanco	Si	17	5.1
Esperanza	Karina Rodriguez	Amarillo	No	13.6	3.8
Esperanza	Griselda Morales	Amarillo	No	16	4.4
Esperanza	Veronica Ortiz	Blanco	Si	13.5	3.9

Según, García, Heredia (2006) El crecimiento de *Aspergillus* y la contaminación de los productos alimenticios con aflatoxinas son consecuencia de la interacción entre el hongo, el hospedero y el ambiente. La interacción de dichos factores determina la infestación y la colonización del sustrato, así como el tipo y la cantidad de las aflatoxinas producidas

Según la Norma COGUANOR 34 047 el contenido máximo de aflatoxinas en el maíz no deberá ser mayor de 20 µg/Kg.

En almacén, según Hernández (2007) las condiciones de alta temperatura y humedad, aireación e inóculo primario proveniente del campo también son determinantes en el incremento de la síntesis de aflatoxinas en el grano de maíz.

Según Ochoa Schaad (2016) la aflatoxina infecta el grano cuando la humedad relativa oscila entre 75 % y 85 %, la humedad del grano es superior a 14 % y la temperatura ambiente se encuentra en un rango de 30 °C a 35 °C.

En el caso de cantón Santa María, no se presentan las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de aflatoxina, existe una contrariedad en las condiciones ambientales, la temperatura está por debajo de los rangos establecidos donde el hongo se prolifera, la humedad relativa no es constante, el comportamiento es el siguiente:

En la mañana (6:00 h – 7:00 h) la temperatura promedio que se encuentra dentro de la estructura de almacenamiento tipo tapanco es baja (10.3 °C), pero el promedio de humedad es alto (77.92 %).

Al medio día (12:00 h – 13:00 h) el promedio de temperatura aumenta (19.7 °C) pero el promedio de humedad se reduce (53.53 %).

En la tarde (18:00 h – 19:00 h) el promedio de temperatura disminuye (12.94 °C) pero el promedio de humedad aumenta nuevamente (73.54 %).

Para aldea Rosario el comportamiento es el siguiente;

En la mañana (6:00 h – 7:00 h) la temperatura promedio que se encuentra dentro de la estructura de almacenamiento tipo tapanco es baja (12.3 °C) pero el promedio de humedad es alto (82.27 %).

Al medio día (12:00 h – 13:00 h) el promedio de temperatura aumenta (28.21 °C) pero el promedio de humedad se reduce (40.57 %).

En la tarde (18:00 h – 19:00 h) el promedio de temperatura disminuye (17.1 °C) pero el promedio de humedad aumenta nuevamente (70.6 %).

En el caso de la comunidad Esperanza Tuicoche:

En la mañana (6:00 h – 7:00 h) la temperatura promedio que se encuentra dentro de la estructura de almacenamiento tipo tapanco es baja (16.24 °C), pero el promedio de humedad es alto (84.06 %).

Al medio día (12:00 h – 13:00 h) el promedio de temperatura aumenta (33.55 °C) pero el promedio de humedad se reduce (37.2 %).

En la tarde (18:00 h – 19:00 h) el promedio de temperatura disminuye (20.93 °C), pero el promedio de humedad aumenta nuevamente (72.27 %).

Ninguna de las tres comunidades en la estructura de almacenamiento tipo tapanco, presenta condiciones ambientales viables para el desarrollo de aflatoxina, para que la aflatoxina se desarrolle necesita de alta humedad relativa, alta humedad del grano y alta temperatura.

Si existe presencia de aflatoxinas en las tres comunidades, pero los niveles de aflatoxina no superan las 20 ppb.

Las pérdidas en la producción del grano se asocian con su manipulación durante la cosecha en el campo, almacenaje, transporte y procesamiento para el consumo humano o animal. El grano de maíz posee una microbiota particular de bacterias, insectos y hongos que pueden causarle daños. Entre ellos, el género fúngico *Aspergillus* y de éste, las especies *A. flavus* y *A. parasiticus* son las más importantes porque producen aflatoxinas que provocan gran variedad de efectos tóxicos en seres vivos expuestos al grano contaminado.

El clima está cambiando por lo que es posible que aumente la presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco.

Es importante reconocer que el estudio se realizó en Tacaná, un municipio que geográficamente está ubicado en una de las zonas más altas del país, por lo que es necesario tomar en cuenta: Muchas de las familias del altiplano almacenan su maíz en el tapanco, por lo que es posible que en otros municipios los niveles de aflatoxina estén más elevados por lo tanto generan problemas tanto en la salud humana como en las especies pecuarias de las familias.

En las muestras existe presencia de insectos, estos además de consumir directamente cantidades importantes de grano, crean focos de infección en distintos puntos del tapanco. El control de insectos es un aspecto muy importante en la formación de cepas de *Aspergillus* sp. Productoras de aflatoxinas.

La relación entre los daños de insectos y la acción del hongo es doble:

- a) Los insectos pueden desarrollarse en granos completamente secos, pero su acción metabólica ofrece un ambiente favorable a la formación de hongos.
- b) Los insectos actúan como vectores transportando las esporas a granos que se encuentran sanos.

Estas razones indican que la invasión de insectos casi siempre va acompañada de infección fúngica. (José Mendizábal 2000).

2.7 CONCLUSIONES

1. Existe presencia de aflatoxinas en los granos de maíz almacenado en tapancos, los niveles presentes están por debajo de los rangos estandarizados por la norma COGUANOR 34 047.

Ninguna de las muestras presenta toxicidad por aflatoxinas mayor a 20 ppb, ya que las condiciones de temperatura y humedad dentro del tapanco presentan un comportamiento desfavorable para la proliferación del hongo y para la producción de aflatoxinas.

2. Se identificaron los niveles de aflatoxinas presentes en los granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, estos son:

El nivel de aflatoxinas más alto registrado en la estructura de almacenamiento tipo tapanco es de 8 ppb en la comunidad de Santa María.

El segundo nivel registrado en granos de maíz en la estructura de almacenamiento tipo tapanco es de 7.7 ppb en aldea el Rosario.

El tercer nivel registrado en la estructura de almacenamiento tipo tapanco es de 6.9 ppb en cantón Santa María.

3. Las causas de la presencia de aflatoxinas identificadas en los granos de maíz son: El porcentaje de grano quebrado, el mal manejo del maíz durante el almacenamiento favorece la presencia de aflatoxinas en el tapanco. La presencia de insectos favorece la proliferación del hongo. El porcentaje de grano dañado aumenta ya que el tapanco como estructura de almacenamiento no presenta condiciones adecuadas para albergar el grano. Los cambios de temperatura y humedad del tapanco propician el aumento de humedad del grano.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Es importante realizar un estudio similar bajo condiciones controladas a nivel de laboratorio para tener mayor disponibilidad de datos. La caja azul es una herramienta que está conformada como un equipo móvil por lo que es prudente realizar pruebas a nivel de laboratorio para tener más certeza de los resultados.
2. Es aconsejable la conservación de la estructura de almacenamiento tipo tapanco, limpieza, no almacenar víveres, utensilios de cocina ya que estos permiten que las plagas puedan hospedarse y promover porcentajes de contaminación, grano dañado y grano quebrado.
3. Es aconsejable la conservación de materias primas con niveles de humedad y temperatura adecuados para el almacenamiento del grano de maíz, con eso evitaríamos en gran manera el crecimiento y la proliferación fúngica y la posible producción de micotoxinas en los granos almacenados.
4. Es importante socializar los indicadores que las autoridades utilizaron al momento de establecer el parámetro 20 ppb de aflatoxina ya que es un dato muy elevado y que en comparación con otros países, lo que refleja es que el consumo de toxina en Guatemala es alarmante, ya que en Estados Unidos permiten 20ppb de aflatoxina pero para consumo animal.
5. Tacaná es un municipio que geográficamente está ubicado en una de las zonas más altas del país, los datos obtenidos nos reflejan los niveles de aflatoxina que las familias están consumiendo, por lo que es indispensable conocer los niveles que se presentan en municipios ubicados en áreas más bajas.
6. Es importante que se realice un estudio similar, inducido a nivel de laboratorio para conocer el comportamiento de la aflatoxina.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, E. 1945. What is *Zea mays*? a report of progress. Chron. Bot. 9:88-92.
2. Bennett, JW; Killich, M. 2003. Mycotoxins. Clin. Microbiol. Rev. 16:497.
3. Bodega, JL. 2010. Diplodiosis, enfermedad causada por micotoxinas en maíz. Hongos en los rastrojos de maíz, problemas en las vacas. Recuperado el 23 de enero 2011, de [http:// www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
4. Bogantes, P; Bogantes, D; Bogantes, S. 2004. Aflatoxinas. Acta Médica Costarricense 46(4):174-178.
5. Bressani, R; Benavides, V; Acevedo, E; Ortiz, MA. 1990. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during tortilla preparation. Cereal Chem. 67(6):515-518.
6. Carrillo, L; Gómez Molina, SE. 2007. Carrillo, L; Carina Audisio, M; Bejarano, NV; Gómez Molina, SE; Ancasi, EG; Benitez Ahrendts, MR. 2007. Manual de microbiología de los alimentos. San Salvador de Jujuy, Argentina. Disponible en <http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/> o en <http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/9%20micotoxinas.pdf>
7. CNES (Share Location en Google Maps) 2017. Función disponible en la última actualización de la aplicación del servicio de mapas. Consultado 10 septiembre 2017. Disponible en <https://iiemd.com/share-location-en-google-maps/que-es-share-location-en-google-maps>
8. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, Guatemala). 1982. COGUANOR NGO 34-047: maíz en grano, maíz elaborado (en línea). Guatemala. Consultado 23 ene. 2011. Disponible en http://cretec.org.gt/wp-content/files_mf/coguanorngo_34_047.pdf

9. Deng, SX; Tian, LX; Liu, FJ; Jin, SJ; Liang, GY; Yang, HJ; Du, ZJ; Liu, YJ. 2010. Toxic effects and residue of aflatoxin B1 in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) during long-term dietary exposure. *Aquaculture* 307:233-240.
10. FAO, Italia. 1993. El maíz en la nutrición humana (en línea). Roma, Italia, FAO. (Colección FAO: Alimentación y Nutrición no. 25). Consultado 23 ene. 2011. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S02.htm>.
11. Fuentes López, MR. 2002. El cultivo del maíz en Guatemala: Una guía para su manejo agronómico (en línea). Guatemala, Instituto en Ciencia y Tecnología Agrícolas. Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://www.icta.gob.gt/granosBasicos/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
12. Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria, Elika. 2005. Aflatoxina M1 en leche (en línea). España. Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo10/AFLATOXINA%20M1%20LECHE.pdf>
13. García, S; Heredia, N. 2006. Mycotoxins in Mexico: Epidemiology, management, and control strategies. *Mycophatologia* 162:255-264.
14. Gimeno, A. 2007. Aflatoxicosis en humanos provocada por el consumo de alimentos contaminados, que no son de origen animal (en línea). Estados Unidos de América, Egormix. Consultado 17 jul. 2017. Disponible en http://engormix.com/articulo_aflatoxicosis_humanos_provocada_forumsview11872.htm
15. Glosario.net 2006. Tapanco (en línea). Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/tapanco-7625.html>.
16. Gong, YY; Egal, S; Hounsa, A; Turner, PC; Hall, AJ; Cardwell, KF. 2003. Determinants of aflatoxin exposure in young children from Benin and Togo, west

Africa: the critical role of weaning. *Int. J. Epidemiol.* 32(4):556-562. Consultado 17 jul. 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1093/ije/dyg109> PMID:12913029

17. González Salas, R. 1997. Desafíos en la lucha contra las micotoxinas (en línea). Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://monografias.com/trabajos/micotoxinas/micotoxinas.shtml>
18. Groopman, JD; Kansler, TW; Wild, CP. 2008. Protective interventions to prevent aflatoxin-induced carcinogenesis in developing countries (en línea). *Annu. Rev. Public. Health.* 29:187-203. Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17914931>
19. Hernández Guzmán, JA; Carballo Carballo, A. 2007. Almacenamiento y conservación de granos y semillas (en línea). México, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento%20de%20semillas.pdf>
20. Hernández, DS, Reyes, LA, Reyes, MCA, García, OJG; Mayek, PN. 2007. Incidencia de hongos potencialmente tóxicos en maíz (*Zea mays* L.) almacenado y cultivado en el norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25:127-133.
21. Hesseltine, CW. 1976 Conditions leading to mycotoxin contamination of foods feeds. *In* *Mycotoxins other fungal related food problems.* Joseph V. Rodricks (ed.). Washington, D. C., USA, American Chemical Society. p. 1-22.
22. IARC (International Agency for Research on Cancer, US). 1993. Evaluation of carcinogenic risks to humans: some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins (en línea). IARC Monographs no. 56, 362 p. Consultado 7 mayo 2017. Disponible en <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol56/mono56-14.pdf>

23. ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Food, US). 1996. Toxigenic fungi: *Aspergillus*. Microorganism in Foods 5:347-381.
24. ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). 2001. Microorganismos de los alimentos 6, ecología microbiana de los productos alimentarios. España, Acribia.
25. International Union of Biological Societies; International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1996. Micro-organisms in foods: Characteristics of microbial pathogens. London, Academic Press.
26. Izquierdo, P. 1995. Presencia de alfatoxinas en algunos alimentos (en línea). Rev. Fac. Agron. (LUZ) 13:485-492. Consultado 7 mayo 2017. Disponible en http://revfacagronluz.org.ve/v13_4/v134z011.html
27. JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, Italia). 1999. Forty-ninth meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. Italia, FAO, WHO Technical Report Series no. 884.
28. Kensler, TW; Roebuck, BD; Wogan, GN; Groopman, JD. 2011. Aflatoxin: a 50-year odyssey of mechanistic and translational toxicology. Toxicological Sciences 120(S1):S28-S48.
29. MAGIAR. 2016. Aflatoxinas (en línea). Estados Unidos. Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://magiar.com.ar/seguridad-alimentaria/micotoxinas-3/aflatoxinas-2/>
30. Maldonado, M. 2013. Protocolo de investigación: determinación de aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 y de fumosina B1 en maíz mediante el método de ELISA y confirmación por cromatografía líquida de alta resolución acoplada a detección de masas, en cinco centros de acopio de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 36 p.

31. Martínez, MM; Vargas del Río, LM; Gómez, VM. 2013. Aflatoxinas: incidencia, impactos en la salud, control y prevención. *BioSalud* 12(2):89-109. Consultado 7 mayo 2017. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v12n2/v12n2a08.pdf>
32. Mendizábal, J. 2000. Detección de aflatoxinas en el maíz, almacenado en silos. Tesis Lic. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 63 p.
33. Montaner, J. 2004. El riesgo de padecer cáncer de hígado se ha correlacionado con un consumo excesivo de aflatoxinas, contenidas en productos naturales de consumo común (en línea). España. Consultado 30 jun. 2017. Disponible en <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2004/08/17/13973.php>
34. Ochoa Schaad, JR. 2016. Los hongos y producción de sustancias tóxicas que afectan a los seres humanos y animales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Departamento de Almacenamiento de Alimentos. 15 diapositivas.
35. Perusia, OR; Rodríguez Armesto, R. 2017. Aflatoxinas (en línea). Argentina, Producción Animal. Consultado 23 ene. 2011. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/79-Aflatoxinas.pdf
36. PMA (Programa Mundial de Alimentos, US). 2013. Blue box; aflatoxinas. 19 diapositivas.
37. Productos Químicos MAGIAR. 2017. Reveal® para aflatoxina. Disponible en https://www.engormix.com/productos-quimicos-magiar/reveal-kit-deteccion-aflatoxina-maiz-sh15063_pr33292.htm

38. SCF (Scientific Committee on Food, US). 1996. Opinion on aflatoxins, ochratoxin A and patulin. UE, European Commission / DG Industry, Reports of the Scientific Committee on Food no. 35 Series.
39. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala); COMUDE (Consejo Municipal de Desarrollo, Municipio de Tacaná, San Marcos, Guatemala). 2011. Plan de desarrollo del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos. Tacaná, San Marcos, Guatemala, Municipalidad de Tacaná.
40. Sweeney, MJ; Dobson, ADW. 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. International Journal of Food Microbiology 43:141-158.
41. Taller sobre malformaciones congénitas en Guatemala. 2016. Eds. Mariana Barrios Canek, Paollet Colindres, Francia Rangel González, Guillermo Ovando y Yeymi Pérez. Guatemala, Universidad Rafael Landívar / Milken Institute School of Public Health, University of Georgia / Asociación Compañero para Cirugía / Grupo Chabil Ixim. Disponible en <https://publichealth.gwu.edu/sites/default/files/images/Informe%20Taller%20GU%20Con%20Anom%20%20Nov%204%202016%201637hrs.pdf>
42. Torres, OR. 2013. Determinación, caracterización y evaluación de aflatoxinas que influyen en el retardo de talla para edad en niños de Guatemala (en línea). Guatemala, CONCYT. Consultado 30 jun. 2017. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202012.04.pdf>
43. Turner, PC; Collison, AC; Cheung, YB; Gong, Y; Hall, AJ; Prentice, AM; Wild, CP. 2007. Aflatoxin exposure in utero causes growth faltering in Gambian infants. Int. Journal of Epidemiology 36(5):1119-25. Consultado 30 jun. 2017. Disponible en <http://hinarigw.who.int/whalcomije.oxfordjournals.org/whalcom0/content/36/5/1119.full.pdf+html>
44. US Newspaper Archives. 2018. Chicago, Illinois Newspaper Archives (1841-2000). Disponible en https://newspaperarchive.com/us/illinois/chicago/?gclid=CjwKCAjwh9_bBRA_Ei

wApObaOKZSU6s-
Hv3Zwj0bFyQxA8Yv6w5SHwUgQiFmQbvmOQIJS5E4aTH4BRoCtz8QAvD_Bw
E

45. Williams, JH; Phillips, TD; Jolly, PE; Stiles, JK; Jolly, CM; Aggarwal, D. 2004. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences and interventions. *The American Journal of Clinical Nutrition* 80(5):1106-1122.
46. Wolf, MJ; Buzan, CL; MacMasters, MM; Rist, CE. 1952. Structure of the matare corn kernel. *Cereal Chem.* 29: 321-382.
47. Wolf, MJ; Khoo, V; Seckinger, HL. 1969. Distribution and subcellular structure of endosperm protein in varieties of ordinary and high-lysine maize. *Cereal Chem.* 46:253-263.
48. Wu, F; Khlangwiset, P. 2010. Evaluating the technical feasibility of aflatoxin risk reduction strategies in Africa. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess* 27(5):658–676. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2882709/>
49. Zinedine, A; Mañes, J. 2009. Occurrence and legislation of mycotoxins in food and feed from Morocco. *Food Control* 20:334-344.

2.10 ANEXOS

Anexo 10.1 Listado de participantes de los hogares muestreados de las tres comunidades participantes.

Las personas participantes, fueron seleccionadas al azar dentro de los listados generales que maneja el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) en el marco del Programa Conjunto (PC), en los cuadros 7A, 8A, y 9A se encuentran las familias participantes en el estudio.

Cuadro 7A. Familias participantes de aldea el Rosario

Número.	Nombres.	Comunidad.
1	Silveria López.	Rosario.
2	Catalina Morales.	Rosario.
3	Claudia González.	Rosario.
4	Blanca Morales.	Rosario.
5	Dinamar lopez	Rosario
6	Clementina Roblero.	Rosario.

Fuente: elaboración propia 2018

Cuadro 8A. Familias participantes de cantón Santa María

Número.	Nombres.	Comunidad.
1	Clarisa Castulo Roblero Morales.	Santa María.
2	Florinda Josefa Roblero Escobar.	Santa María.
3	Blanca Asucena Ortiz Pérez.	Santa María.
4	Berta Ortiz Pérez.	Santa María.
5	Mariman Albina Roblero.	Santa María.
6	Felicita Escalante López.	Santa María.

Fuente: elaboración propia 2018

Cuadro 9A. Familias participantes de cantón Esperanza de aldea Tuicoche

Número.	Nombres.	Comunidad.
1	Justina Pérez arreaga.	Esperanza Tuicoche.
2	Amelia Gonzáles Ortiz.	Esperanza Tuicoche.
3	Sarai Barrios Morales.	Esperanza Tuicoche.
4	Griselda Morales.	Esperanza Tuicoche.
5	Veronica Ortiz de León.	Esperanza Tuicoche.
6	Karina Rodrigues Velasquez.	Esperanza Tuicoche.

Fuente: elaboración propia 2018

Anexo 10.2 Promedio de temperatura y humedad de la zona de estudio.

Promedio de temperatura y humedad de la estructura tipo tapanco, de cantón Santa María del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos, en el cuadro 10A, se especifica la temperatura de la estructura de almacenamiento en la comunidad participante.

Cuadro 10A. Temperatura y humedad cantón Santa María

Horario	Temperatura	Humedad
6:00 h – 7:00 h	10.3 °C	77.92 %
12:00 h – 13:00 h	19.7 °C	53.53 %
18:00 h – 19:00 h	12.94 °C	73.54 %

Fuente: elaboración propia 2018

Promedio de temperatura y humedad de la estructura tipo tapanco, de la aldea el Rosario del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos, en el cuadro 11A, se especifica la temperatura de la estructura de almacenamiento en la comunidad participante.

Cuadro 11A. Temperatura y humedad aldea el Rosario

Horario	Temperatura	Humedad
6:00 h – 7:00 h	12.3 °C	82.27 %
12:00 h – 13:00 h	28.21 °C	40.57 %
18:00 h – 19:00 h	17.1 °C	70.6 %

Fuente: elaboración propia 2018

Promedio de temperatura y humedad de la estructura tipo tapanco, de cantón Esperanza de aldea Tuicoche del municipio de Tacaná, departamento de San Marcos, en el cuadro 12A, se especifica la temperatura de la estructura de almacenamiento en la comunidad participante.

Cuadro 12A. Temperatura y humedad cantón Esperanza

Horario	Temperatura	Humedad
6:00 hrs – 7:00 h	16.24 °C	84.06 %
12:00 hrs – 13:00 h	32.55 °C	37.2 %
18:00 hrs – 19:00 h	20.93 °C	72.37 %

Fuente: elaboración propia, 2018

Anexo 10.3. Promedio del análisis de resultados sobre presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, en el cuadro 13A se encuentran los resultados de cantón Santa María de aldea Sanajaba, municipio de Tacaná departamento de San Marcos.

Cuadro 13A. Análisis físico de muestras de granos de maíz cantón Santa María

Muestreo	Municipio	Comunidad	Promedio	Fecha	Aflatoxinas menores a 20 ppb	Humedad	Impurezas	Grano quebrado	Grano dañado
Primer muestreo	Tacaná	Santa María	Promedio	27/11/2015	Si	25	1	1.16	4.33
Segundo muestreo	Tacaná	Santa María	Promedio	11/02/2016	Si	14.96	1	1.16	2.83
Tercer muestreo	Tacaná	Santa María	Promedio	21/04/2016	Si	11.16	1.16	1.20	3.83
Cuarto muestreo	Tacaná	Santa María	Promedio	27/09/2016	Si	15.96	1	1.36	3.83

Fuente: elaboración propia 2018

Anexo 11.4 Promedio de análisis de resultados sobre presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, en el cuadro 14A se encuentran los resultados de aldea el Rosario, municipio de Tacaná departamento de San Marcos.

Cuadro 14A. Análisis físico de muestras de granos de maíz aldea el Rosario

Muestreo	Municipio	Comunidad	Promedio	Fecha	Aflatoxinas menor a 20 ppb	Humedad	Impurezas	Grano quebrado	Grano Dañado
Primer Muestreo	Tacaná	Rosario	Promedio	27/11/2015	Si	22.5	1.16	0.16	5.33
Segundo Muestreo	Tacaná	Rosario	Promedio	11/02/2016	Si	13.63	1	0.16	2.5
Tercer Muestreo	Tacaná	Rosario	Promedio	21/04/2016	Si	13.53	1.5	1.5	4.5
Cuarto Muestreo	Tacaná	Rosario	Promedio	27/09/2016	Si	15.31	1	1.83	4.16

Fuente: elaboración propia 2018

Anexo 11.5 Promedio de análisis de resultados sobre presencia de aflatoxinas en granos de maíz almacenados en estructuras tipo tapanco, en el cuadro 15A se encuentran los

resultados de cantón Esperanza de aldea Tuicoche, municipio de Tacaná departamento de San Marcos.

Cuadro 15A. Análisis físico de muestras de granos de maíz cantón Esperanza

Muestreo	Municipio	Comunidad	Promedio	Fecha	Aflatoxinas menor a 20 ppb	Humedad	Impurezas	Grano quebrado	Grano Dañado
Primer Muestreo	Tacaná	Esperanza	Promedio	27/11/2015	si	22.86	1.33	0.16	3.83
Segundo Muestreo	Tacaná	Esperanza	Promedio	11/02/2016	si	15.45	1.33	0.33	4.16
Tercer Muestreo	Tacaná	Esperanza	Promedio	21/04/2016	si	13.98	1.66	1.5	5.16
Cuarto Muestreo	Tacaná	Esperanza	Promedio	27/09/2016	si	18.46	1.16	1.83	4.5

Fuente: elaboración propia 2018



3 CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE TACANÁ: IMPLEMENTACIÓN DE HUERTOS FAMILIARES Y PARCELAS DE AMARANTO

3.1 Servicio 1. Implementación de huertos familiares en 13 comunidades del municipio de Tacaná departamento de San Marcos

3.1.1 INTRODUCCIÓN

En este documento se describen los resultados de la asistencia técnica y capacitación realizada en el marco del servicio de huertos familiares, la cobertura del proyecto se realizó en 13 comunidades del municipio de Tacaná y un huerto medicinal en Majadas del departamento de San Marcos.

Las acciones fueron encaminadas para que los huertos familiares estén funcionando en las 13 comunidades atendidas en el marco del PC proyecto con el objetivo de diseñar, crear, sembrar y mantener las áreas productivas. Ha permitido definir un plan de rescate de los cultivos autóctonos y en parte de anexos, aparecen fotografías de las tareas y productos alcanzados y así mismo las conclusiones y recomendaciones respectivas del trabajo realizado

Se promovió la educación alimentaria nutricional en las familias de cada una de las comunidades atendidas.

Se desarrolló una experiencia para productores, de aprendizaje para la vida dándole un incentivo y una motivación novedosa de un ser vivo y cambiante que ofrece valores positivos a través del conocimiento, la experiencia y la generación de capacidades y habilidades prácticas transferibles para sus propias familias y comunidad en horticultura local.

Por medio de capacitaciones, asistencia técnica y acompañamiento a huertos en cada comunidad se ha promovido fuertemente la participación de las mujeres niñas y niños como parte importante del concepto de derechos humanos, pertinencia cultural y participación social.

Dentro del área de cobertura del Programa Conjunto (PC) se promovió el apoyo, estableciendo trece huertos familiares en trece comunidades: Santa María, Valle Verde, Sanajaba, Rosario, Coatan, Tojcheche, Majadas, Plan Grande, Esperanza Tuicoche, Ventanas, Sajquim, Belesquizon y Chactela.

Las actividades fueron orientadas al fortalecimiento de la participación de la comunidad productora en procesos de alimentación saludable a través de la coordinación y participación de promotores agrícolas y productores locales.

Para lograr la sostenibilidad de la experiencia en los huertos familiares fueron establecidos cultivos autóctonos, así como cultivos introducidos, la cobertura del servicio se realizó en el municipio de Tacaná.

En la comunidad de Majadas del municipio de Tacaná se implementó un huerto de plantas medicinales, con una amplia diversidad de plantas promoviendo la diversificación en el huerto.

Las metodologías utilizadas fueron altamente participativas, el huerto familiar forma parte del enfoque de seguridad alimentaria nutricional.

3.1.2 OBJETIVOS

3.1.2.1 Objetivo general

Asesorar técnicamente a los productores de las comunidades: Santa María, Valle Verde, Sanajaba, Rosario, Coatan, Tojcheche, Majadas, Plan Grande, Esperanza Tuicoche, Ventanas, Sajquim, Belesquizon y Chactela, en el establecimiento de huertos familiares.

3.1.2.2 Objetivos específicos

1. Enseñar diversas prácticas agrícolas para el mantenimiento óptimo de los huertos, durante el ciclo del cultivo hasta la cosecha.
2. Acompañar durante el ciclo del cultivo a los promotores y productores comunitarios para lograr el éxito en los huertos.
3. Capacitar a los promotores y productores comunitarios en el ciclo fenológico de la producción hortícola, desde la preparación del terreno, manejo del suelo, ciclo de producción, manejo fitosanitario, hasta la cosecha de los productos.
4. Asesorar técnicamente a los comunitarios de Majadas en establecer un huerto de plantas medicinales.
5. Procurar el intercambio de experiencias entre los comunitarios de Majadas y otros productores que cultiven plantas medicinales.

3.1.3 METODOLOGÍA

- a) Se apoyaron las actividades de capacitación bajo la metodología campesino a campesino, dirigido a promotores y a productores de 13 comunidades del municipio de Tacaná.
- b) Se registraron los participantes en cada una de las actividades desarrolladas por el proyecto.
- c) Se establecieron 13 huertos familiares en las áreas productivas, fomentando los cultivos autóctonos por medio de un plan de asistencia técnica.
- d) Se estableció un huerto medicinal en Majadas, Tacaná.
- e) Se brindó y desarrollo servicios de asistencia técnica y metodológica a la comunidad productora (promotores y productores) en el manejo y seguimiento de los huertos familiares.
- f) Asistencia técnica a un huerto con especies medicinales.

3.1.4 RESULTADOS

- a) En cada una de las comunidades de intervención se elaboró y validó un plan de capacitación con participación de promotores y productores agrícolas.
- b) Al finalizar se implementó el plan de capacitación elaborado y se dejaron capacidades instaladas en cada una de las comunidades.
- c) 360 personas capacitadas entre las cuales han participado; promotores, productores agrícolas y técnicos de MAGA.
- d) 13 Huertos familiares establecidos y funcionando los cuales fueron implementados y creados de manera participativa a través de idea de los promotores y de los productores agrícolas, además se impulsó el rescate e incorporación de cultivos autóctonos en las áreas cultivables del huerto familiar.
- e) 1 huerto medicinal con especies autóctonas de la comunidad y especies introducidas diversificándolo de manera equitativa.
- f) Por medio de un plan de asistencia técnica a promotores y productores de las 13 comunidades, se les compartió la experiencia y métodos para el manejo sostenible con actividades, agronómicas y de motivación personal para que los mismos se empoderen del proyecto. Se hicieron visitas en cada una de las parcelas.
- g) Seguimiento y asesoría a los productores para conservar las especies de plantas medicinales, propagar y cosechar de manera adecuada.



A



B



C



D

Continúa figura 20.



E



F



G



H

Continúa figura 20.



I

J

Figura 20. Fotografías sobre el proceso de producción de huertos familiares

A Proceso de siembra de especies hortícolas, empleando metodología campesino a campesino en Santa María. B Proceso de desmalezado de parcelas e incorporación de abono orgánico. C Proceso de aporque al cultivo de rábano en la comunidad de Ventanas. D Acompañamiento técnico en proceso de siembra en Cohatán. E Incorporación de abono orgánico en parcela de Cohatan. F Proceso de cosecha de cultivo de rábano en Belesquizón. G Proceso de cosecha del cultivo de acelga en Ventanas. H Consumo de ensaladas de rábano por parte de integrantes de la familia. J Entrega de plantas medicinales en Majadas. K Implementación de un huerto medicinal en Majadas.

3.1.5 CONCLUSIONES

1. Los procesos de capacitación en producción hortícola y las prácticas agrícolas establecidas con la metodología campesino a campesino y constructivista fueron validadas por los actores del proyecto: Equipo técnico Programa Conjunto, promotores, productores agrícolas y personal técnico del MAGA.
2. El acompañamiento brindado en asistencia técnica a los promotores y productores agrícolas de Majadas, en huerto medicinal, aumento la autoestima y la confianza en la producción de cultivos impulsando la Seguridad Alimentaria y Nutricional.
3. Las visitas de asistencia con acompañamiento técnico reflejaron mejoras en el desempeño de productores de Majadas, en la implementación de un huerto medicinal, incorporando nuevas prácticas agrícolas que aumentan la calidad de producción.
4. Se promovió fuertemente la importancia del cultivo y consumo de hortalizas entre los promotores y productores agrícolas, pero sobre todo la importancia de conservar la producción de los cultivos autóctonos o nativos en su huerto escolar como parte del rescate de la cultura alimentaria.

3.1.6 RECOMENDACIONES

1. Al Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), se le insta a seguir promoviendo el programa de huertos familiares sostenibles en cada una de las comunidades, fortaleciendo los procesos de enseñanza aprendizaje y contribuyendo con la seguridad alimentaria y nutricional en las áreas rurales del municipio de Tacaná, implementando nuevas estrategias que generan capacidades de producción de alimentos garantizando familias auto sostenibles.
2. Por medio de los promotores y productores agrícolas, fortalecer el rescate de los cultivos autóctonos para la sostenibilidad de la agricultura familiar en el municipio de Tacaná del departamento de San Marcos que contribuya a sí mismo al rescate de la cultura culinaria de los pueblos indígenas de nuestro país.

3.2 Servicio 2. Implementación de parcelas de amaranto en la comunidad de Sajquim del municipio de Tacaná departamento de San Marcos

3.2.1 INTRODUCCIÓN

Los productores de aldea Sajquim han empoderado la idea de producir el cultivo de amaranto, por los múltiples beneficios, que este producto agrícola ofrece, las hojas se consumen de diversas maneras, dentro de las cuales podemos mencionar: conservadas, envueltas en huevo, en recado, con estas hojas de amaranto se pueden envolver los tamales en donde las familias pueden consumir los tamales con la hoja.

Otro de los beneficios que presenta el cultivo de amaranto es que la planta presenta un tallo leñoso el cual es utilizado como generador de energía para el cocimiento de alimentos en el hogar y para la elaboración de cercos para el establecimiento y protección de huertos familiares.

El producto más importante del cultivo de amaranto es el grano ya que posee alto contenido proteínico, en donde los productores lo consumen en atol, galletas y cereal.

3.2.2 OBJETIVOS

3.2.2.1 Objetivo general

Establecer doce parcelas de amaranto, en el fortalecimiento de la agricultura campesina y seguridad alimentaria nutricional en aldea Sajquim, Tacaná.

3.2.2.2 Objetivos específicos

1. Implementar el cultivo de amaranto en las parcelas promoviendo la diversificación de especies.
2. Apoyar prácticas agrícolas encaminadas a fortalecer las parcelas productivas, diversificando la alimentación de las familias.
3. Apoyar a reducir niveles de desnutrición en el municipio de Tacana.

3.2.3 METODOLOGÍA

- a) Se realizó una gira de campo con productores de Sajquim hacia el municipio de Sibinal del departamento de San Marcos, en donde se capacito a productores sobre el proceso agronómico para el establecimiento del cultivo de amaranto. (Preparación de terreno, distanciamiento de siembra, incorporación de abono orgánico, lamina de riego, deshije, proceso de cosecha y almacenamiento del grano)
- b) Se realizó la compra de semilla de amaranto por parte de productores de Sajquim en el municipio de Sibinal.
- c) Se prepararon 12 parcelas de 21 metros cuadrados, para establecer el cultivo de amaranto en la comunidad de Sajquim.
- d) Siembra del cultivo de amaranto: Se realizó bajo la metodología en surcos, los surcos son de 5 cm de profundidad y están separados a 60-70 cm. Las semillas se van depositando en forma de chorro continuo dentro y a lo largo del surco.
- e) Riego: Soporta la escasez e irregularidad de lluvias, necesita de la humedad solamente en el momento de la siembra hasta que aparecen los retoños, aunque con el aporte de riego durante todo el ciclo se mejora el rendimiento.
- f) Fertilización con abono orgánico derivado de ganado vacuno, ganado caprino, ganado porcino y ganado ovino.
- g) Control de malezas de forma manual.

3.2.4 RESULTADOS

- a) Capacitación: mensualmente se capacitaron a los agricultores sobre la importancia económica, la rentabilidad del cultivo de amaranto, su adaptabilidad y resistencia a condiciones climáticas complicadas y su valor nutricional.
- b) Sensibilización: sobre la importancia de la nutrición y de la seguridad alimentaria, haciendo énfasis en que una dieta sana y equilibrada es un instrumento esencial en la prevención de enfermedades y en la promoción de la salud, es por eso que la producción de semillas de amaranto, es una alternativa nutricional para la elaboración de bebidas instantáneas altamente proteicas.
- c) Establecimiento: 12 parcelas de 21 m por 21 m de cultivo de amaranto establecidas.
- d) Pos – cosecha: se realizó el corte de las panojas con poco tallo, posteriormente se trasladaron a las casas, se apilaron las panojas evitando rebasar los 30 cms de esta manera se permitió una buena aireación en las panojas, posteriormente se asolearon, durante 4 a 5 días.
- e) Transformación: Elaboración de atol de 4 cereales a base de harina de semilla de amaranto, harina de arroz, harina de haba, harina de maíz y leche en polvo. La formulación está constituida por: 30 % de harina de semilla de amaranto, 30 % de leche completa en polvo, 15 % de harina de haba, 15 % de harina de arroz y 10 % de harina de maíz.
- f) Comercialización: Se promovió el mercado local, ofreciendo el producto a las familias del municipio de Tacaná, el precio por 1 lib es de Q. 20.00.



A



B



C



D

Figura 21. Fotografías sobre la producción de amaranto

A Manejo agronómico del cultivo de amaranto distanciamiento de siembra entre plantas 35 centímetros y entre surcos 60 centímetros. B Control de malezas de manera manual en la parcela. C Cosecha de algunos derivados del cultivo de amaranto ejemplo hojas. D Exposición y venta de productos elaborados con amaranto: Atol, galletas.

3.2.5 CONCLUSIONES

1. Las familias que realizaron establecimiento de amaranto, obtuvieron diversidad de alimentos de alto valor nutricional, que contribuyó, la generación de excedentes en cosecha apoyo a la economía familiar. Se apoyó a las familias a aumentar sus insumos y capacidades técnicas en la implementación del cultivo.
2. El amaranto es un cultivo que recientemente su producción ha venido en aumento, se consume su semilla o grano, el cual aporta carbohidratos, proteínas como el frijol y leguminosas

3.2.6 RECOMENDACIONES

1. Es importante realizar mayor sensibilización y ampliación en las comunidades sobre el establecimiento del cultivo de amaranto ya que es un cultivo que se adapta a las condiciones climáticas complicadas, presenta resistencia a las sequias y económicamente es muy rentable.
2. El establecimiento del cultivo de amaranto es una propuesta para reducir niveles de desnutrición, ya que el alto nivel proteínico que presenta la semilla favorece una alimentación sana para los integrantes de las familias.
3. Realizar incidencia de parte del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) en las Comisiones de Seguridad Alimentaria Nutricional (COMUSAN) de las municipalidades sobre la implementación del cultivo de amaranto en parcelas familiares como una estrategia de diversificación de cultivos y reducción de niveles de desnutrición.