

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Determinación de la presencia de aflatoxinas en granos de maíz (*Zea mays*) producidos en Petén y distribuidos en la Central de Mayoreo de la ciudad capital, y elaboración de un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC).**

Informe final de Tesis

Presentado Por:

Luisa Fernanda Salazar Juárez

Para optar al título de:

Químico Farmacéutico

Guatemala agosto de 2008



|  |    |
|--|----|
| 6. Hipótesis   | 33 |
| 7. Materiales y Métodos  | 34 |
| 6.1 Universo de Trabajo  | 34 |
| 6.2 Recursos Humanos   | 34 |
| 6.3 Recursos Materiales  | 34 |
| 6.4 Análisis de Aflatoxinas  | 35 |
| 6.5 Metodología para la realización del Análisis<br>de Peligros y Puntos Críticos de Control | 38 |
| 6.6 Diseño de la investigación   | 39 |
| 6.6.1 Cálculo de muestra   | 39 |
| 6.6.2 Diseño de muestreo   | 39 |
| 6.6.3 Análisis de resultados   | 39 |
| 8. Resultados  | 41 |
| 8.1 Resultados de la presencia de aflatoxinas  | 41 |
| 8.2 Análisis de Puntos Críticos de Control   | 46 |
| 8.3 Fotos tomadas en el lugar de estudio   | 52 |
| 9. Discusión de resultados   | 53 |
| 10. Conclusiones   | 55 |
| 11. Recomendaciones  | 56 |
| 12. Referencias  | 58 |
| 13. Anexos   | 61 |

1.

## 1. RESUMEN

En la presente investigación se realizó la determinación cualitativa de la presencia de aflatoxinas en granos de maíz cultivados en Guatemala, en el departamento de Petén, y distribuidos en la Central de Mayoreo de la ciudad capital. Al mismo tiempo se realizó un análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC), para evitar la contaminación del maíz con estas micotoxinas.

Para el análisis de la presencia de aflatoxinas, se analizaron un total de 28 costales de granos de maíz, representativos de los 500 sacos que se almacenan en el CENMA asumiendo un nivel de confianza de 90%. De cada uno de los 28 costales se tomó una muestra de 200 gramos. Se molió esta muestra, del maíz molido se pesó 50 gramos para la realización del análisis. Para evitar sesgo en la prueba las muestras se recogían del lugar un día antes de realizar el análisis, y ese día en la noche, se molían para analizarlas al día siguiente en la mañana.

A los 50 gramos, se le realizó el tratamiento adecuado para determinar por medio de cromatografía en capa fina, la presencia de aflatoxinas en la misma. Con base en los resultados obtenidos, se pudo determinar que de las 28 muestras de granos de maíz analizadas, 8, que corresponden a un 28.57% (con un intervalo de confianza al 90% de 14.53% a 42.61%), resultaron positivas a la prueba de aflatoxinas, de las cuales todas presentaban defectos físicos como quebraduras y suciedad.

Para la realización del APPCC, se realizaron tres visitas al lugar de estudio. Este centro era un local, de 5 X 6 m<sup>2</sup>, con poca ventilación y mucha humedad. Los costales de maíz se encontraban directamente en el piso, el lugar tenía poca higiene, no se llevaban controles de temperatura y humedad, y no existía control de plagas.

Se realizaron las 12 tareas que comprenden el APPCC, de las cuales una de las más importantes es la tarea 7, ya que identifica los puntos críticos de control. Para fines de este estudio se identificaron 2 puntos críticos; Condiciones ambientales y condiciones físicas de almacenamiento. Entre las condiciones ambientales, se identificaron como puntos críticos la temperatura y humedad relativa de almacenamiento. Entre las condiciones de almacenamiento físicas que se tomaron en cuenta fueron; materiales de pisos, paredes y techos, sistemas de ventilación, tipo de material que recubre directamente el maíz, presencia de tarimas y limpieza del lugar.

## 2. INTRODUCCIÓN

La inocuidad de los alimentos utilizados por el hombre es un tema cada vez más importante a nivel mundial. Muchos tipos de contaminantes pueden estar presentes en los alimentos. Este estudio se centra en los granos de maíz los cuales, bajo ciertas condiciones, pueden producir crecimiento de hongos, los que deterioran el grano de maíz perjudicando la salud del hombre que los ingiere.

Las micotoxinas son toxinas producidas por hongos tóxicos genéticos (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*) que se desarrollan en los productos agrícolas (2). En los últimos años se ha tomado conciencia del impacto social y económico que representan los efectos nocivos de estas toxinas. Las más importantes desde el punto de vista agroalimentario son las Aflatoxinas, Fumonisinias, Ocratoxinas A, Patofina, Tricocenteno y Zearalenona, entre otras.

Las aflatoxinas son producidas principalmente por algunas especies del género *Aspergillus* que son mohos toxigénicos, pudiendo contaminar los alimentos cuando éstos son cultivados, procesados, transformados o almacenados en condiciones que favorezcan su desarrollo (2). El crecimiento y producción de toxinas depende del alimento en sí, y las condiciones fisicoquímicas, como humedad, temperatura, higiene y limpieza, así como la ventilación, condensación, presencia de insectos o plagas, tiempo de almacenaje, detección y movimiento. Existen diversos tipos de aflatoxinas, y se han registrado en semillas de algodón y maíz, cacahuates, nueces, avellanas y otros frutos secos.

Guatemala es un país, en el cual la dieta está basada en el consumo del maíz en sus diferentes formas, por lo que es de suma importancia la identificación de aflatoxinas, debido a su toxicidad para los animales como para los humanos, pues ocasionan enfermedades y hasta la muerte.

La finalidad de este estudio, es determinar la presencia de aflatoxinas en granos de maíz, para establecer sus parámetros de inocuidad, al establecer si éstos están contaminados por estas micotoxinas. Así como realizar un Análisis de Peligros y

Puntos Críticos de control para evitar la contaminación de dichos granos por estas toxinas.

Este trabajo se limita, en analizar los granos de maíz producidos en Guatemala y distribuidos en la Central de Mayoreo (CENMA) de la ciudad capital. El CENMA está ubicado al final de la Calzada Aguilar Batres de la capital guatemalteca. Este es el lugar en donde se distribuye todo tipo de alimentos que provienen del interior del país. No es el único centro de distribución pero si es uno de los más importantes de nuestra ciudad.

En la Central de Mayoreo existen 4 locales de distribución de granos de maíz; Dos de ellos provienen de Jutiapa, uno de Escuintla y uno de Petén. Para la finalidad de este estudio, se toma muestras de los granos de maíz provenientes del Petén. Esto se debe a que el maíz se almacena por más de dos semanas en el CENMA y el Universo de trabajo es más representativo.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

##### 3.1.1. Micotoxinas:

###### 3.1.1.1. Definición:

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 (3).

Las micotoxinas son productos resultantes del metabolismo secundario de los hongos, pueden desencadenar cuadros graves de toxicidad cuando las condiciones medioambientales son favorables para su producción por lo que es muy importante su prevención. Las Micotoxinas más importantes desde el punto de vista agroalimentario son las Aflatoxinas, Fumonisin, Ocratoxinas A, Patoina, Tricoцентeno y Zearalenona. Las especies de los géneros más frecuentes son *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (2).

###### 3.1.1.2 Clasificación:

3.1.1.2.1 Aflatoxinas: Son producidas por los hongos *Aspergillus flavus* y *parasiticus* A. Existen seis fracciones: B1, B2, G1, G2, M1 y M2, donde la B1 en condiciones naturales, es la que se encuentra en mayor proporción, siendo la más tóxica y carcinógena. El daño característico ocurre en el hígado (4).

3.1.1.2.2 Ocratoxinas: Son producidas por *Aspergillus A* y el hongo *Penicillium*. No es usual en Latinoamérica (4).

3.1.1.2.3 Zearalenona: Son producidos por el hongo *Fusarium*. Es la más perjudicial para los cerdos, ataca principalmente a marranas gestantes (4).

3.1.1.2.4 Trichothecenes: son producidos por el hongo *Fusarium graminearum*, incluyen el Deoxynivalenol (vomitoxina) (4).

3.1.1.2.5 Fuminosinas: son producidas por el hongo *Fusarium moniliforme*, se asocian con el edema pulmonar (4).

### 3.1.1.3 Factores que influyen en el crecimiento de micotoxinas:

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

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

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

3.1.1.3.3 Almacenamiento: Se deben considerar varios factores como la infraestructura, temperatura ambiental, humedad, ventilación, condensación, presencia de insectos o plagas, limpieza, tiempo de almacenaje, detección y movimiento (3).

3.1.1.3.4 Procesamiento y distribución: Procesos de removimiento de cáscaras y aceites, condiciones de humedad en el proceso de peletizado<sup>1</sup>, empaque adecuado y pruebas de determinación de presencia de Micotoxinas, factor importantísimo para el adecuado control de los niveles de Micotoxinas, es el muestreo en los embarques y el análisis de las muestras, siendo los principales puntos críticos en el proceso de la recepción del grano (3).

<sup>1</sup>Peletizado: Es una operación de moldeado termoplástico en el que partículas finamente divididas de una ración se integran en un pelet compacto y de fácil manejo, el cual incluye condiciones específicas de humedad, temperatura y presión.

### 3.1.1.4 Efectos de las Micotoxinas en la salud animal

Las Aflatoxinas son responsables de brotes agudos esporádicos que representan una alta mortalidad. Son sustancias hepatotóxicas, carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas.

De las Fumonisinias se conoce su efecto desde hace 100 años atrás, las cuales están implicadas en variados procesos patológicos que afectan a los animales.

**Oerotoxina A:** Comprende el grupo de las Micotoxinas más estudiadas después de las Aflatoxinas por su marcado carácter nefrótico, son producidas por especies de la sección circomdanti, género *Aspergillus*, tales como: *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus allaceus* y del género *Penicillium*: *P. vericatum*, *P. vercason*, *P. ciclapium*.

**Flavomicinas:** Son consideradas como una nueva clase de Micotoxinas estructuralmente relacionadas, caracterizadas a partir del cultivo del maíz (*Fusarium moliniforme*). La Fumonisina B es la responsable de la Leucoencefalomalacia equina y el Edema Pulmonar Porcino. También se ha reportado su capacidad hepatotóxica, hepatocancerígenas en ratas y estadísticamente se ha relacionado su presencia con la prevalencia del cáncer en el esófago

### 3.1.1.5 Micotoxinas identificadas en los ingredientes alimenticios:

| Micotoxina              | Hongo                                    | Granos              |
|-------------------------|--|---------------------|
| Aflatoxina              | <i>Aspergillus</i>                       | Maíz                |
| Ocratoxina              | <i>Aspergillus</i><br><i>Penicillium</i> | Maíz, Trigo y Arroz |
| Deoxinivalenol<br>(DON) | <i>Fusarium</i>                          | Maíz, Trigo y Arroz |

|                       |          |             |
|-----------------------|----------|-------------|
| Zearalenona<br>(F-11) | Fusarium | Maíz, Trigo |
| Fumonisina            | Fusarium | Maíz        |

## 231.2 Aflatoxinas:

### 3.1.2.1 Definición:

Las aflatoxinas son producidas principalmente por algunas especies de *Aspergillus* tales como *A. flavus*, *A. parasiticus* y *A. nominus*, especialmente por algunas cepas de *Aspergillus flavus* y por casi todas las de *Aspergillus parasiticus* (2). Éstas son mohos toxigénicos, capaces de desarrollarse pudiendo contaminar los alimentos cuando éstos son cultivados, procesados, transformados o almacenados en condiciones adecuadas que favorezcan su desarrollo.

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

La composición química de las aflatoxinas varía con las cepas, el sustrato o materia orgánica sobre el cual crece y las condiciones ambientales del crecimiento del hongo.

### 3.1.2.2 Clasificación:

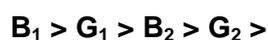
Como se ha dicho anteriormente existen seis fracciones de aflatoxinas: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub>. De las cuales cuatro son las principales; conocidas como aflatoxina B<sub>1</sub>, aflatoxina B<sub>2</sub>, aflatoxina G<sub>1</sub> y aflatoxina G<sub>2</sub>. (6). La letra B indica que estas aflatoxinas tienen fluorescencia azul (blue) frente a la luz ultravioleta (365 nm), mientras que la letra G indica la fluorescencia verde amarillenta (green) de las designadas así. La aflatoxina B<sub>1</sub> y la aflatoxina B<sub>2</sub> difieren entre ellas por la presencia de un doble

enlace más en la primera. Por su parte, la aflatoxina G<sub>1</sub> y la aflatoxina G<sub>2</sub> difieren entre sí en el mismo detalle estructural. Las aflatoxinas B difieren de las aflatoxinas G porque el anillo de furano de las primeras se convierte en un anillo de lactona en las segundas (Ver anexo 10.8). Esta transformación es fácil de realizar en el laboratorio, por tratamiento con ácido.

Las vacas que se alimentan con pienso contaminado por aflatoxinas B y son capaces de metabolizar las aflatoxinas, hidroxilándolas en una posición determinada. Así, a partir de la aflatoxina B<sub>1</sub> se forma la aflatoxina M<sub>1</sub>, y a partir de la aflatoxina B<sub>2</sub> se forma la aflatoxina M<sub>2</sub>. Estas formas hidroxiladas pueden pasar a la leche, por lo que es necesario controlar la presencia de aflatoxinas en el pienso de los animales, no solamente por su propia salud sino también por la de los consumidores de leche.

La aflatoxina B<sub>1</sub> ha demostrado ser carcinógena en todos los animales en los que se ha probado. El principal órgano diana es el hígado, aunque también pueden aparecer tumores en otros órganos (6).

El grado de toxicidad y carcinogenicidad de las aflatoxinas sigue el orden



En la especie humana, las aflatoxinas son probablemente responsables de múltiples episodios de intoxicaciones masivas, con producción de hepatitis aguda, en distintas zonas de la India, Sudeste Asiático y África tropical y ecuatorial, y un factor de agravamiento de enfermedades producidas por la malnutrición, como el kwashiorkor (malnutrición proteica en niños). También son responsables muy probablemente, combinadas con otros factores, de la elevada tasa de cáncer hepático observado en algunas de esas zonas. Desde 1988, la OMS considera a la aflatoxina B<sub>1</sub> como un carcinógeno para el hombre.

Las aflatoxinas resisten los tratamientos habituales de los alimentos. Solamente el tostado de los frutos secos las destruye en una pequeña parte. Para eliminarlas son necesarios tratamientos muy drásticos, con amoníaco o hipoclorito, no utilizables con alimentos para uso humano.

### 3.1.2.3 Efectos de la contaminación por Aflatoxinas B1:

Los mayores niveles de contaminación por aflatoxinas B1 se han registrado en semillas de algodón y maíz, cacahuetes, nueces, avellanas y otros frutos secos. En cereales como el trigo, arroz, centeno o cebada la presencia de estos tóxicos suele ser menor (6).

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

Se produce la aflatoxicosis aguda cuando se consumen niveles medios a altos de aflatoxinas (2). Los efectos de esta intoxicación pueden incluir hemorragia, daño agudo del hígado, el edema, la alteración en la digestión, la absorción y/o el metabolismo de alimentos, y posiblemente la muerte.

La aflatoxicosis crónica resulta del consumo de niveles bajos a moderados de aflatoxinas (2). Los efectos son generalmente subclínicos y difíciles de reconocer. Algunos de los síntomas comunes son la deteriorada absorción de los alimentos e índices de crecimiento más lento.

### **3.1.3 Maíz:**

#### 3.1.3.1 Usos del maíz:

El maíz constituye, junto con el arroz y el trigo, uno de los principales alimentos cultivados en el mundo (15). Su uso no solo se centra en la alimentación humana sino que forma parte de

la alimentación animal por sí mismo o constituyendo un ingrediente muy importante en la composición de piensos para cerdos, aves, y vacas. Los tallos de maíz, una vez separada la mazorca, se pueden utilizar como forraje.

A partir de esta planta se obtienen bebidas no alcohólicas como el pinolate guatemalteco, (harina de maíz, azúcar y agua), el pinolillo costarricense u hondureño (harina de maíz y cacao), el atole mexicano (harina de maíz, agua, leche y azúcar) u otras bebidas alcohólicas denominadas chichas.

Del maíz, además de sus granos, se extrae harina para la confección de pan de maíz, de tortas de maíz, arepas, u otros productos de repostería. También se obtiene aceite de uso alimentario o para la industria de fabricación de pinturas o jabón.

Desde un punto de vista industrial, esta planta es interesante, además, para la obtención de endulzantes alimentarios (sírope de maíz) y de alcohol que se produce por fermentación de su azúcar. Este se utiliza en la fabricación del gasohol o carburol un combustible formado por gasolina y alcohol (16). De esta manera, se consigue hacer funcionar los vehículos con un carburante más barato que la simple gasolina. A partir de las partes no aprovechables, se obtiene furfural un componente que se utiliza en la industria del caucho, resinas, plásticos, insecticidas o líquidos para embalsamar.

#### 3.1.3.2 Variedades del maíz:

- Maíz dulce ( *Zea mays L. subsp. mays Saccharata* ) que se utiliza fundamentalmente para comer como verdura cuando es joven.
- Maíz de harina = Maíz harinoso o amilácea ( *Zea mays L. subsp. mays Amylacea* ) Es una variedad que posee el contenido de

almidón muy blando y que se utiliza para la elaboración de harina.

- Maíz de corteza dura: ( *Zea mays L. subsp. mays Indurata*) Variedad americana que se caracteriza porque el grano posee una corteza muy dura.
- Pop corn = maíz reventador ( *Zea mays L. subsp. mays Everta* ) Caracterizado por la capacidad explosiva de la cubierta al ser sometida al calor. Se utiliza para la confección de palomitas.
- Maíz dentado ( *Zea mays L. subsp. mays Indentata* ) Cuando madura presenta una gran muesca o depresión en el grano.

### 3.1.3.3 Inhibición de la contaminación de aflatoxinas

La contaminación por aflatoxinas en los granos de maíz se puede evitar de dos maneras: la primera es la inhibición de la propagación del *Aspergillus flavus* o *A. parasiticus*. y 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 (21).

El tostado es una operación eficaz para disminuir los niveles de aflatoxina, según el nivel inicial de la toxina y las temperaturas a que se efectúe (Conway y Anderson, 1978). Si bien las temperaturas elevadas pueden eliminar hasta un 77 por ciento de aflatoxinas, es sabido que también reducen el valor nutritivo del producto. La mezcla de maíz contaminado por aflatoxinas con agua amoniacal seguida por su tostado puede ser una manera sencilla y eficaz de descontaminarlo. Se han obtenido también buenos resultados utilizando amoníaco, aunque resulta difícil eliminar su olor en el grano tratado. Se han ensayado asimismo otros métodos más complejos. Así, por ejemplo,

Chakrabarti (1981) demostró que se pueden disminuir los niveles de aflatoxina a menos de 20 ppb mediante tratamientos por separado a base de peróxido de hidrógeno al 3 por ciento, 75 por ciento de metanol, 5 por ciento de clorhidrato de dimetilamina ó 3 por ciento de ácido perclórico; estos tratamientos, sin embargo, ocasionan pérdidas de peso así como de proteínas y lípidos. Otros métodos consisten en utilizar dióxido de carbono con sorbato de potasio, así como óxido de azufre.

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.

### **3.1.4 Análisis de Puntos Críticos de Control**

#### **3.1.4.1 Las ventajas del APPCC**

El sistema de APPCC, que se aplica a la gestión de la inocuidad de los alimentos, utiliza la metodología de controlar los puntos críticos en la manipulación de alimentos, para impedir que se produzcan problemas relativos a la inocuidad (20). Este sistema, que tiene fundamentos científicos y carácter sistemático, permite identificar los peligros específicos y las medidas necesarias para su control, con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. El APPCC se basa en la prevención, en vez de en la inspección y la

comprobación del producto final. Este sistema puede aplicarse en toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor. Además de mejorar la inocuidad de los alimentos, la aplicación del APPCC conlleva otros beneficios como: un uso más eficaz de los recursos, ahorro para la industria alimentaria y el responder oportunamente a los problemas de inocuidad de los alimentos. El APPCC aumenta la responsabilidad y el grado de control de los fabricantes de alimentos. En efecto, un sistema de APPCC bien aplicado hace que los manipuladores de alimentos tengan interés en comprender y asegurar la inocuidad de los alimentos, y renueva su motivación en el trabajo que desempeñan. La aplicación de este sistema no significa dismantelar los procedimientos de aseguramiento de la calidad o de las buenas prácticas de fabricación (BPF) ya establecidos; pero, sin embargo, exige la revisión de tales procedimientos como parte de la metodología sistemática y para incorporarlos debidamente al plan de APPCC (20).

Este sistema también puede ser un instrumento útil en las inspecciones que realizan las autoridades reguladoras y contribuye a promover el comercio internacional ya que mejora la confianza de los compradores. Cualquier sistema de APPCC debería tener la flexibilidad suficiente como para ajustarse a los cambios, como nuevos diseños del equipo, cambios en los procedimientos de elaboración o avances tecnológicos.

#### 3.1.4.2 La aplicación del APPCC

Si bien es posible aplicar el APPCC a todos los segmentos y sectores de la cadena alimentaria, se supone que todos los sectores deben estar operando de acuerdo con las BPF y con los Principios Generales del Codex de Higiene de los Alimentos (20). La capacidad que tenga un segmento o sector industrial para apoyar o aplicar el sistema de APPCC depende del grado en el que se haya adherido a tales prácticas. Para obtener buenos

resultados con el APPCC, es preciso que tanto la dirección de la empresa como sus trabajadores se comprometan con el sistema y participen en su aplicación. También se requiere una metodología multidisciplinaria que debe incluir, en su caso, la participación de especialistas en agronomía, veterinaria, microbiología, salud pública, tecnología de los alimentos, salud ambiental, química, ingeniería, etc. La utilización de este sistema es compatible con la aplicación de los sistemas de gestión de la calidad total (GCT), como los de la serie ISO 9000. Sin embargo, el APPCC es el sistema preferido en estos sistemas para la gestión de la inocuidad de los alimentos (24).

#### 3.1.4.3 El sistema de APPCC

El sistema de APPCC, que tiene fundamentos científicos y carácter sistemático, permite identificar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en el ensayo del producto final. Todo sistema de APPCC es susceptible de cambios que pueden derivar de los avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico.

#### DEFINICIONES

- Análisis de peligros: Proceso de recopilación y evaluación de información sobre los peligros y las condiciones que los originan para decidir cuáles son importantes con la inocuidad de los alimentos y, por tanto, planteados en el plan del sistema de APPCC (20).
- APPCC: Sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos (20).

- Control: Condición obtenida por cumplimiento de los procedimientos y de los criterios marcados (20).
- Controlar: Adoptar todas las medidas necesarias para asegurar y mantener el cumplimiento de los criterios establecidos en el plan de APPCC (20).
- Desviación: Situación existente cuando un límite crítico es incumplido (20).
- Diagrama de flujo: Representación sistemática de la secuencia de fases u operaciones llevadas a cabo en la producción o elaboración de un determinado producto alimenticio (20).
- Fase: Cualquier punto, procedimiento, operación o etapa de la cadena alimentaria, incluidas las materias primas, desde la producción primaria hasta el consumo final (20).
- Límite crítico: Criterio que diferencia la aceptabilidad o inaceptabilidad del proceso en una determinada fase (20).
- Medida correctora: Acción que hay que adoptar cuando los resultados de la vigilancia en los PCC indican pérdida en el control del proceso (20).
- Medida de control: Cualquier medida y actividad que puede realizarse para prevenir o eliminar un peligro para la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (20).
- Peligro: Agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud (20).
- Plan de APPCC: Documento preparado de conformidad con los principios del sistema de APPCC, de tal forma que su cumplimiento

asegura el control de los peligros que resultan significativos para la inocuidad de los alimentos en el segmento de la cadena alimentaria considerado (20).

- Punto crítico de control (PCC): Fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (20).
- Validación: Constatación de que los elementos del plan de APPCC son efectivos (20).
- Verificación: Aplicación de métodos, procedimientos, ensayos y otras evaluaciones, además de la vigilancia, para constatar el cumplimiento del plan de APPCC (20).
- Vigilar: Llevar a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de los parámetros de control para evaluar si un PCC está bajo control (20).

#### 3.1.4.4 Principios del sistema de APPCC

La elaboración de un plan de APPCC requiere doce tareas destinadas a asegurar la correcta aplicación de los siete principios. El Principio 1, que consiste en realizar un análisis de peligros, exige que se hayan abordado las cinco primeras tareas de forma lógica y honesta de manera que se hayan identificado todos los peligros reales para el producto. A continuación se describen brevemente las doce tareas (20).

##### ***TAREA 1: Establecer un equipo de APPCC***

Para comprender plenamente el sistema del producto y poder identificar todos los peligros probables y los PCC, es importante que el equipo de APPCC esté compuesto por personas de diversas disciplinas. El equipo comprenderá:

- Un jefe de equipo que convoque el grupo y que dirija sus actividades asegurándose de que se aplica correctamente el concepto. Esta persona debe conocer la técnica, ser un buen oyente y permitir la contribución de todos los participantes.
- Un especialista con amplios conocimientos del sistema del producto. Este especialista desempeñará una función primordial en la elaboración de los diagramas de flujo del producto.
- Diversos especialistas, cada uno de los cuales conozca determinados peligros y los riesgos que los acompañan; por ejemplo, un microbiólogo, un químico, un micotoxicólogo, un toxicólogo, un responsable de control de la calidad, un ingeniero de procesos.
- Pueden incorporarse al equipo de forma temporal, para que proporcionen los conocimientos pertinentes, personas que intervienen en el proceso y lo conocen de forma práctica, como especialistas en el envasado, compradores de materias primas, personal de distribución o de producción, agricultores e intermediarios.
- Un secretario técnico deberá dejar constancia de los progresos del equipo y los resultados del análisis.

Si se produce alguna modificación de la composición o de los procedimientos operativos, el plan de APPCC deberá evaluarse de nuevo teniendo en cuenta los cambios realizados.

La primera actividad que deberá realizar el equipo de APPCC es indicar el ámbito de aplicación del estudio. Por ejemplo, deberá determinar si se abarcará la totalidad del sistema del producto o sólo algunos componentes seleccionados. Esto facilitará la tarea y

permitirá incorporar al equipo los especialistas que sean necesarios en cada momento (25).

### ***TAREA 2: Describir el producto***

Para iniciar un análisis de peligros, deberá elaborarse una descripción completa del producto, incluidas las especificaciones del cliente, utilizando un formulario. La descripción deberá incluir información pertinente para la inocuidad, por ejemplo regulación y nivel previsto de micotoxinas, composición, propiedades físicas y químicas de las materias primas y del producto final, agua disponible para la proliferación microbiana ( $a_w$ ), el pH. También deberá tenerse en cuenta la información sobre cómo deberá envasarse, almacenarse y transportarse el producto, así como datos sobre su vida útil y las temperaturas recomendadas para el almacenamiento. Cuando proceda, deberá incluirse información sobre el etiquetado y un ejemplo de la etiqueta. Esta información ayudará al equipo de APPCC a identificar los peligros "reales" que acompañan al proceso (20, 25).

### ***TAREA 3: Identificar el uso al que ha de destinarse el producto***

Es importante tener en cuenta cómo se tiene la intención de utilizar el producto. La información sobre si el producto se consumirá directamente o se someterá a cocción o a una elaboración posterior influirá en el análisis de peligros (véase la tarea 6). También puede ser de interés conocer a qué grupos de consumidores se destinará el producto, particularmente si entre ellos hay grupos vulnerables como los lactantes, los ancianos y las personas malnutridas. Deberá también tenerse en cuenta la probabilidad de que se realice un uso inadecuado de un producto, como el consumo humano, de forma accidental o intencionada, de alimentos para animales domésticos. Esta información puede registrarse en el mismo formulario que la descripción del producto (20).

***TAREA 4: Elaborar el diagrama de flujo del producto***

La primera función del equipo es elaborar un diagrama de flujo del producto (DFP) pormenorizado para el sistema del producto o para la parte de éste que sea pertinente. En esta fase, son importantes los conocimientos del especialista en el producto. Los pormenores de los sistemas de productos serán diferentes en distintas partes del mundo, e incluso en un mismo país pueden existir diversas variantes. La elaboración secundaria deberá describirse de forma pormenorizada para cada fábrica, utilizando diagramas de flujo genéricos únicamente con carácter orientativo (20).

***TAREA 5: Confirmar el diagrama de flujo in situ***

Una vez completado el DFP, los miembros del equipo deberán visitar el sistema del producto (por ejemplo, una explotación agrícola, un almacén o una zona de fabricación) con el fin de comparar la información recogida en el DFP con la situación real. Esto se conoce como "recorrido de la línea de proceso", actividad que consiste en comprobar, fase por fase, que al elaborar el DFP el equipo ha tenido en cuenta toda la información sobre materiales, prácticas, controles, etc. Se deberá recopilar e incluir en el DFP, cuando proceda, información como la fecha de la cosecha, los procedimientos de secado, las condiciones de almacenamiento, la cadena de comercialización, factores socioeconómicos, sistemas de clasificación y posibles incentivos para mejorar la calidad o la inocuidad, y sistemas de elaboración. Deberá visitarse el mayor número de veces posible el lugar para el que se está elaborando el plan de APPCC, para asegurar que se ha recopilado toda la información pertinente (20).

***TAREA 6: Identificar y analizar el peligro o peligros (Principio1)***

Para asegurar el éxito de un plan de APPCC es fundamental identificar y analizar los peligros de manera satisfactoria. Deberán tenerse en cuenta todos peligros efectivos o potenciales que puedan darse en cada uno de los ingredientes y en cada una

de las fases del sistema del producto. En los programas de APPCC, los peligros para la inocuidad de los alimentos se han clasificado en los tres tipos siguientes:

**Biológicos:** suele tratarse de bacterias patógenas transmitidas por los alimentos, como *Salmonella*, *Listeria* y *E. coli*, así como virus, algas, parásitos y hongos.

**Químicos:** existen tres tipos principales de toxinas químicas que pueden encontrarse en los alimentos: las sustancias químicas de origen natural, como los cianuros en algunos cultivos de raíces y los compuestos alérgenos en el maní; las toxinas producidas por microorganismos, como las micotoxinas y toxinas de algas; y las sustancias químicas añadidas por el hombre a un producto para combatir un determinado problema, como los fungicidas o insecticidas.

**Físicos:** contaminantes, como trozos de vidrio, fragmentos metálicos, insectos o piedras.

Se llama riesgo a la probabilidad de que se produzca un peligro. El riesgo puede tener un valor de cero a uno, según el grado de certeza en cuanto a si se producirá o no el peligro. Tras la identificación del peligro, éste deberá analizarse para comprender el riesgo relativo que supone para la salud de las personas o animales. Se trata de una forma de organizar y analizar la información científica disponible acerca de la naturaleza y magnitud del riesgo que ese peligro representa para la salud. Puede ser necesario evaluar el riesgo de forma subjetiva y clasificarlo simplemente como bajo, medio o alto. Únicamente se trasladan a la Fase 7, Principio 2, aquellos peligros que en opinión del equipo de APPCC presentan un riesgo inaceptable de que se produzcan.

Una vez que se ha identificado un peligro para la inocuidad de los alimentos, deberán estudiarse las medidas de control pertinentes.

Estas medidas consisten en cualquier acción o actividad que pueda utilizarse para controlar el peligro identificado, de manera que se prevenga, se elimine o se reduzca a un nivel aceptable. La medida de control puede consistir también en la capacitación del personal para una operación determinada, incluida en las Buenas Prácticas de Agricultura (BPA), Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) y Buenas Prácticas de Higiene (BPH) (20).

***TAREA 7: Determinar los puntos críticos de control (PCC) (Principio 2)***

Deberán recorrerse una por una todas las etapas del diagrama de flujo del producto, dentro del ámbito de aplicación del estudio de APPCC, estudiando la importancia de cada uno de los peligros identificados. También es importante en esta fase recordar el ámbito de aplicación declarado del análisis del sistema de APPCC. El equipo deberá determinar si puede producirse el peligro en esta fase y, en caso afirmativo, si existen medidas de control. Si el peligro puede controlarse adecuadamente (y no es preferible realizar ese control en otra fase) y es esencial para la inocuidad de los alimentos, entonces esta fase es un PCC para dicho peligro. Puede utilizarse un árbol de decisiones para determinar los PCC; No obstante, los principales factores para establecer un PCC son el buen juicio del equipo de APPCC, su experiencia y su conocimiento del proceso.

Si se identifica una fase en la que existe un peligro para la inocuidad de los alimentos, pero no pueden establecerse medidas de control adecuadas, ya sea en esa fase o más adelante, el producto no es apto para el consumo humano. Deberá suspenderse la producción hasta que se dispongan medidas de control y pueda introducirse un PCC (20).

***TAREA 8: Establecer límites críticos para cada PCC (Principio 3)***

Deberán especificarse y validarse límites críticos para cada PCC. Entre los criterios aplicados suelen figurar las mediciones de

temperatura, tiempo, contenido de humedad, pH, actividad de agua y parámetros sensoriales como el aspecto. En el caso de las micotoxinas, por ejemplo, los criterios pueden incluir el contenido de humedad o la temperatura del producto. Todos los límites críticos, y las correspondientes tolerancias admisibles, deberán documentarse en la hoja de trabajo del plan de APPCC e incluirse como especificaciones en los procedimientos operativos y las instrucciones (20).

***TAREA 9: Establecer un procedimiento de vigilancia  
(Principio 4)***

La vigilancia es el mecanismo utilizado para confirmar que se cumplen los límites críticos en cada PCC. El método de vigilancia elegido deberá ser sensible y producir resultados con rapidez, de manera que los operarios capacitados puedan detectar cualquier pérdida de control de la fase. Esto es imprescindible para poder adoptar cuanto antes una medida correctiva, de manera que se prevenga o se reduzca al mínimo la pérdida de producto.

La vigilancia puede realizarse mediante observaciones o mediciones de muestras tomadas de conformidad con un plan de muestreo basado en principios estadísticos. La vigilancia mediante observaciones es simple pero proporciona resultados rápidos y permite, por consiguiente, actuar con rapidez. Las mediciones más frecuentes son las relativas al tiempo, la temperatura y el contenido de humedad (20).

***TAREA 10: Establecer medidas correctoras (Principio 5)***

Si la vigilancia determina que no se cumplen los límites críticos, demostrándose así que el proceso está fuera de control, deberán adoptarse inmediatamente medidas correctoras. Las medidas correctoras deberán tener en cuenta la situación más desfavorable posible, pero también deberán basarse en la evaluación de los peligros, los riesgos y la gravedad, así como en el uso final del producto. Los operarios encargados de vigilar los PCC deberán

conocer las medidas correctoras y haber recibido una capacitación amplia sobre el modo de aplicarlas.

Las medidas correctoras deberán asegurar que el PCC vuelve a estar bajo control. Deberán también contemplar la eliminación adecuada de las materias primas o productos afectados. Siempre que sea posible, deberá incluirse un sistema de alarma que se activará cuando la vigilancia indique que se está llegando al límite crítico. Podrán aplicarse entonces medidas correctoras para prevenir una desviación y prevenir así la necesidad de eliminar el producto (20).

#### ***TAREA 11: Verificar el plan de APPCC (Principio 6)***

Una vez elaborado el plan de APPCC y validados todos los PCC, deberá verificarse el plan en su totalidad. Cuando el plan esté aplicándose normalmente, deberá verificarse y examinarse de forma periódica. Esta tarea incumbirá a la persona encargada de este componente específico del sistema del producto. Se podrá así determinar la idoneidad de los PCC y las medidas de control y verificar la amplitud y eficacia de la vigilancia. Para confirmar que el plan está bajo control y que el producto cumple las especificaciones de los clientes, podrán utilizarse pruebas microbiológicas, químicas o de ambos tipos. Un plan oficial de auditoría interna del sistema demostrará también el empeño constante en mantener actualizado el plan de APPCC, además de constituir una actividad esencial de verificación.

El sistema podrá verificarse de las siguientes formas:

- Tomando muestras para analizarlas mediante un método distinto del utilizado en la vigilancia;
- Interrogando al personal, especialmente a los encargados de vigilar los PCC;
- Observando las operaciones en los PCC; y
- Encargando una auditoría oficial a una persona independiente.

Es importante recordar que el sistema de APPCC se establece para una determinada formulación de un producto manipulado y elaborado de una determinada forma (20).

***TAREA 12: Mantener registros (Principio 7)***

El mantenimiento de registros es una parte esencial del proceso de APPCC. Demuestra que se han seguido los procedimientos correctos, desde el comienzo hasta el final del proceso, lo que permite rastrear el producto. Deja constancia del cumplimiento de los límites críticos fijados y puede utilizarse para identificar aspectos problemáticos. Además, las empresas pueden utilizar la documentación como prueba en una defensa basada en la "diligencia debida", según establece, por ejemplo, la Ley del Reino Unido sobre inocuidad de los alimentos de 1990.

Deberán mantenerse registros de todos los procesos y procedimientos vinculados a las Buenas Prácticas de Fabricación y Buenas Prácticas de Higiene, la vigilancia de los PCC, desviaciones y medidas correctoras.

También deberán conservarse los documentos en los que consta el estudio de APPCC original, como la identificación de peligros y la selección de límites críticos, pero el grueso de la documentación lo formarán los registros relativos a la vigilancia de los PCC y las medidas correctoras adoptadas. El mantenimiento de registros puede realizarse de diversas formas, desde simples listas de comprobación a registros y gráficos de control. Son igualmente aceptables los registros manuales e informáticos, pero debe proyectarse un método de documentación idóneo para el tamaño y la naturaleza de la empresa (20).

### 3.2 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN GUATEMALA Y LATINOAMÉRICA

A raíz de los conocimientos sobre los efectos nocivos de las aflatoxinas, se han realizado varios estudios alrededor del mundo sobre la determinación y cuantificación de las mismas en el maíz y otros alimentos.

En Guatemala no existen muchos estudios sobre identificación de aflatoxinas en el maíz, y las investigaciones efectuadas hasta el momento son en los granos de maíz, tortillas, en varios alimentos como la leche, alimentos para perros, carne de res, huevos, tortillas y frijol.

Entre las investigaciones, tesis y estudios sobre las aflatoxinas en el maíz se encuentran las siguientes, las cuales aparecen en orden cronológico de publicación;

- 2004 Gimeno, Alberto. Realizó un artículo titulado Aflatoxicosis en Humanos Provocada por el Consumo de Alimentos Contaminados, que no son de Origen Animal, en el cual describe todo lo relacionado con las aflatoxinas, la aflatoxicosis, y enumera casos de aflatoxicosis documentados. También describe la posición actual en la Unión Europea.
- 2003 Carballo, Rosal C. Realizó una evaluación de la calidad de los alimentos balanceados producidos en una industria avícolas de la ciudad de Guatemala, en donde se encontró que después de 150 días las micotoxinas no fueron sensibles en su totalidad para el alimento A, no se detectó Ocratoxina para este alimento. Sin embargo, para los alimentos B y C fueron identificadas y cuantificadas las cinco micotoxinas analizadas.
- 1997 Gonzales, Salas, R. Desafíos en la lucha contra las micotoxinas. En donde concluye que actualmente es ampliamente reconocido que los programas de seguridad que se llevan a cabo en los alimentos de consumo humano y animal deben estar basados en un control estricto, una buena práctica agronómica, buenas prácticas de procesamiento y manipulación y la

aplicación del concepto Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC). Y que a pesar de los grandes logros que se han obtenido en el campo de la prevención y control de la contaminación de Micotoxinas a nivel internacional, aún en Latinoamérica y Asia se deben implementar programas de mayor envergadura hacia este objetivo.

- Gremial Nacional de Trigueros (1984/85 - 1995/96), Asociación Nacional de Trigueros -ANAT- y Banco de Guatemala. Estadísticas históricas de producción de granos básicos en Guatemala. En donde describieron que las toneladas totales de maíz producidas desde 1985 hasta el año 2000 se han mantenido alrededor de 1'200,000 T. con rangos que van desde un millón trescientas mil, hasta niveles menores al millón de toneladas, especialmente después del efecto del huracán Mitch en 1998.
- 1990 Díaz, Morales, I. Determinó los niveles de aflatoxinas en tortillas y granos de maíz, procedentes de la aldea La Espinilla, Río Hondo Zacapa. De las muestras analizadas por el método de Davis modificado, el 41% mostraron resultados positivos, detectando aflatoxinas B1 y B2.
- 1987 Rodríguez Arreaga, E. Presencia de Aflatoxinas en huevos producidos en las granjas avícolas del departamento de Guatemala. En donde demostró que el 7.6% de las muestras fueron positivas para aflatoxinas, y que la concentración está por debajo del límite permitido por la Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La siembra, cosecha y producción de alimentos con altos parámetros de calidad, es uno de los objetivos de las empresas del país. Es por esto que es importante mantener los alimentos bajo parámetros de calidad aceptables, y sobre todo, grados de inocuidad altos para evitar de esta manera la contaminación de los alimentos consumidos por la población y así disminuir cualquier daño a su salud.

Guatemala es un país en donde la mayoría de sus habitantes consumen en su alimentación diaria el maíz, en sus diversas formas y transformaciones. El maíz, al igual que otros alimentos y cereales, debido a la humedad y temperatura, pueden contaminarse con hongos que producen metabolitos secundarios tóxicos, como las aflatoxinas.

Las aflatoxinas son sustancias hepatotóxicas, carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas. El maíz al ser contaminado con este tipo de toxinas, puede no solo causar daños en animales sino que también en el hombre. Aproximadamente el 86% de la población consume maíz, obteniéndolo de distintas fuentes, que al estar contaminado con aflatoxinas puede causar daños en la salud a corto o a largo plazo.

Pero no solo es importante la determinación de la presencia de aflatoxinas, si no que también es importante realizar un análisis de riesgos y puntos críticos para evitar la contaminación de los alimentos y así asegurar productos de calidad a la población, sobre todo a la más susceptible y de esta manera mejorar la inocuidad de los alimentos que se consumen en el país.

Desde el punto de vista social y económico es importante realizar este tipo de estudios, para comprobar la inocuidad de los alimentos, y de esta manera garantizar a la población una alimentación de altos estándares de calidad a bajo costo.

Al realizar un estudio en una fuente de distribución de alimentos tan importante como la Central de Mayoreo se puede analizar el maíz que se consume en gran parte de la Ciudad Capital, y así comprobar la inocuidad del maíz. Y al realizar el Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC), se puede evitar la contaminación por

parte de estas toxinas, y como ya se dijo, garantizar a la población productos de calidad.

Para este estudio se eligieron los granos de maíz provenientes de Petén, ya que de los cuatro distribuidores de maíz que se encuentran en el CENMA, éste es el único que se almacena por más de dos semanas en la Central de Mayoreo, y es la región que distribuye la mayor cantidad de sacos de granos de maíz en la Central de Mayoreo.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General:

Determinar cualitativamente aflatoxinas en el maíz, producido en Petén y distribuido en Guatemala en la Central de Mayoreo de la ciudad capital e identificar mediante la realización de un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC) los puntos críticos en el almacenamiento del maíz.

### 5.2 Objetivos Específicos:

- 5.2.1 Obtener información confiable sobre la inocuidad de los granos de maíz, consumidos en la Ciudad de Guatemala.
- 5.2.2 Determinar la presencia de aflatoxinas en granos de maíz producidos en Petén y distribuidos en la Central de Mayoreo, de la ciudad capital por medio de Cromatografía en capa fina.
- 5.2.3 Realizar un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC), en la etapa de almacenamiento de los granos de maíz, determinando los puntos críticos de control, para evitar su contaminación por aflatoxinas.

## 6. Hipótesis

Los granos de maíz producidos en Petén y distribuidos por la Central de Mayoreo en la Ciudad Capital se encuentran libres de aflatoxinas.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 UNIVERSO TRABAJO:

Granos de maíz cultivado en Petén y distribuido en la Central de Mayoreo de la capital de Guatemala.

### 7.1 RECURSOS HUMANOS:

7.1.1 Autora: Luisa Fernanda Salazar Juárez

7.1.2 Asesora: Licda. Julia García Bolaños

7.1.3 Asesora: Licda. Drina Ortiz de Pineda.

### 7.2 RECURSOS MATERIALES:

#### 7.2.1 Recursos Físicos:

Laboratorio de Garantía de Calidad del Departamento de Análisis Aplicado de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### 7.2.2 Materiales y Equipo:

- Licuadora
- Balanza Analítica
- Agitador Magnético
- Papel Filtro Whatman 2
- Rotavapor
- Placa de Sílica Gel
- Cámara cromatográfica
- Campana de extracción

- Estufa

### **7.2.3 Reactivos:**

- Metanol
- Agua destilada
- Cloruro de Sodio
- Hexano
- Tolueno
- Cloroformo
- Sulfato de Sodio
- Acetonitrilo
- Estándar de Aflatoxinas
- Cloruro de Metileno

### **7.2.4 Cristalería**

- Erlenmeyer con tapa esmerilada
- Beakers de 50 y 250 mL
- Vidrios de reloj
- Varillas de agitación
- Ampolla de decantación
- Embudos de vidrio

## **7.3 ANÁLISIS DE AFLATOXINAS:**

Pesar 25 g de muestra, molerla en molinillo o licuadora y colocarla en un erlenmeyer con tapa esmerilada, en lo posible. Agregarle 50 mL de la mezcla metanol:agua (60:40), 1 g de NaCl y 20 mL de hexano, luego colocarlo en un agitador magnético, durante 30 minutos. Decantar y filtrar por papel Whatman N° 4, tomar 25 mL de la capa inferior (metanol:agua), mediante el empleo de pipeta y colocar en ampolla de decantación.

Agregar en la ampolla 25 mL de tolueno o cloroformo, agitar 1 minuto con cuidado y dejar decantar para que se separen las fases. Tomar la porción superior (en el caso de haber usado tolueno), o inferior (si se empleó cloroformo), filtrar por papel de filtro con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro.

Realizar otra extracción con tolueno o cloroformo, nuevamente, lavando el papel de filtro con una porción del solvente empleado. Reunir los extractos secos y llevar a sequedad en rotavapor (80 °C).

Emplear el extracto redissuelto para realizar la TLC.

Disolver el residuo en 100  $\mu\text{L}$  de tolueno:acetonitrilo (98:2), agitar vigorosamente para disolver adecuadamente y con jeringa de 10  $\mu\text{L}$ . Sembrar en placa de sílica gel (como fase estacionaria):

- Una mancha de 2  $\mu\text{L}$ , una mancha de 5  $\mu\text{L}$ , dos manchas de 10  $\mu\text{L}$  del extracto problema.

En la misma placa se siembra:

- Una mancha de 2  $\mu\text{L}$ , una mancha de 5  $\mu\text{L}$  de estándar, una mancha del 10  $\mu\text{L}$  de estándar
- Una mancha de 10  $\mu\text{L}$  de estándar sobre una de las manchas

El cromatograma se desarrolla utilizando como fase móvil la mezcla cloroformo acetona (9:1) sin equilibrar. El revelado se realiza bajo luz ultravioleta de onda larga.

Deben analizarse las manchas que presenten la muestra problema y comparar sus respectivos valores de  $R_f$  con los de los estándares.

Examinar la fluorescencia de las manchas de la muestra, observando si manchas fluorescentes de idéntico valor de  $R_f$  ofrecen un aspecto similar al de los patrones.

Al encontrar una metodología más sencilla, se decidió cambiar este método por el método que se encuentra en el Manual de Caracterización y Análisis de Drogas Vegetales y Productos Fitoterapéuticos de los autores: Solís P., Guerrero N, Gattuso S y Cáceres A.

Este método simplifica el estudio experimental ya que sustituye el empleo de rotavapor por desecamiento en baño de María:

Moler alrededor de 200 g de material vegetal para obtener un polvo fino. Transferir 50 g del material pulverizado, pesado con exactitud, a un frasco con tapa esmerilada. Añadir 200 mL de una mezcla de Metanol:Agua (17:3). Agitar vigorosamente por medios mecánicos por no menos de 30 minutos y filtrar. Desechar los primeros 50 mL del filtrado y recoger los próximos 40 mL. Transferir el filtrado a un embudo de separación. Añadir 40 mL de solución de NaCl (1%) y 25 mL de hexano y agitar durante 1 minuto. Dejar que las capas se separen y transferir la capa acuosa inferior a un segundo embudo de separación. Extraer la capa acuosa dos veces con 25 mL de cloruro de metileno, agitando por 1 minuto. En cada caso permitir que las capas se separen y recoger la capa orgánica inferior, combinándolas en un frasco cónico de 125 mL. Evaporar el disolvente orgánico a sequedad en un baño de María. Enfriar el residuo y disolver en una mezcla de cloroformo y acetonitrilo (9.8:0.2) y agitar mecánicamente de ser necesario.

Sembrar en placa de sílica gel (como fase estacionaria):

- Una mancha de 2.5  $\mu$ L, una mancha de 5  $\mu$ L, una mancha de 7.5 $\mu$ L, una mancha de 10 $\mu$ L del estándar de aflatoxinas.

En la misma placa se siembra:

- Tres manchas de 10  $\mu$ L de la muestra problemas.
- Sobreponer una mancha de 5 $\mu$ L de estándar sobre una de las manchas de la muestra.

El cromatograma se desarrolla utilizando como fase móvil la mezcla cloroformo, acetona y alcohol isopropílico (85:10:5) sin equilibrar. El revelado se realiza bajo luz ultravioleta a 365 nm.

Deben analizarse las manchas que presenten la muestra problema y comparar sus respectivos valores de Rf con los de los estándares.

Examinar la fluorescencia de las manchas de la muestra, observando si manchas fluorescentes de idéntico valor de Rf ofrecen un aspecto similar al de los patrones.

### **7.5 Metodología para la realización del Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC).**

Para la realización del Análisis de APPCC, se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Realizar visitas al lugar de análisis (Central de Mayoreo)
2. Evaluar las condiciones en que se almacenan los granos de maíz.
3. Realizar la descripción del establecimiento y a que tipo de persona va dirigido el APPCC.
4. Identificar todos los procedimientos que se llevan a cabo.
5. Elaborar un diagrama de flujo de los procedimientos que se llevan a cabo.
6. Verificar el diagrama de flujo.
7. Aplicar los 7 principios del método APPCC:
  - a. Identificar riesgos
  - b. Determinar 2 puntos críticos de control; Condiciones ambientales en que se almacena el maíz (temperatura y humedad). Condiciones físicas del almacenamiento del maíz (maíz se encuentra sobre tarimas, limpieza del lugar y sistemas de ventilación)
  - c. Establecer especificaciones para cada punto crítico de control.
  - d. Monitoreo para establecer si el punto crítico está bajo control.
  - e. Establecimiento de acciones correctivas.
  - f. Establecimiento de procedimientos de registro
  - g. Verificación.

## 7.6 Diseño de la Investigación

### 7.6.1 Cálculo de la muestra

Para el cálculo de la muestra, se asume la máxima variación posible, del 50%, un nivel de confianza de 90% y un nivel de error del 15%. En base a esto se tomó una muestra de 28 sacos, representativa al total de muestras almacenadas de 500 sacos.

La unidad muestral para cada saco fue de 300 gramos.

### 7.6.2 Diseño de muestreo

Se realizó un muestreo sistemático al azar cada 18 sacos debido a la disposición de almacenaje de los sacos.

### 7.6.3 Análisis de resultados

#### 7.6.3.1 Análisis de resultados de la presencia de aflatoxinas:

El análisis es descriptivo, y se estimó la proporción de positividad con un intervalo de confianza del 90%.

#### 7.6.3.2 Análisis de resultados de APPCC

El análisis es descriptivo y se tomó en base a los siguientes puntos críticos:

- Condiciones ambientales de almacenamiento: Temperatura máxima y mínima en que se almacena el maíz, controles de temperatura que se llevan. Porcentaje

de humedad máxima y mínima. Controles de humedad que se llevan a cabo.

- Condiciones físicas del almacenamiento: Materiales de pisos, paredes y techos. Sistemas de ventilación, tipo de material que recubre directamente el maíz. Presencia de tarimas, y limpieza del lugar.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Resultados del análisis de presencia de aflatoxinas.

Tabla1: Descripción de los granos de maíz analizados

| NÚMERO DE SACO | DESCRIPCIÓN                       | OBSERVACIONES              |
|----------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1              | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 2              | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 3              | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 4              | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 5              | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 6              | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 7              | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 8              | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 9              | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 10             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 11             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 12             | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 13             | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 14             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 15             | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 16             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 17             | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 18             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 19             | Granos de maíz de color amarillo. | Presenta granos quebrados. |
| 20             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 21             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |
| 22             | Granos de maíz de color amarillo. |                            |

---

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 23 | Granos de maíz de color amarillo. |
| 24 | Granos de maíz de color amarillo. |
| 25 | Granos de maíz de color amarillo. |
| 26 | Granos de maíz de color amarillo. |
| 27 | Granos de maíz de color amarillo. |
| 28 | Granos de maíz de color amarillo. |

---

Fuente: Datos experimentales

Gráfica 1: Resultados de la descripción física de los granos de maíz analizados.

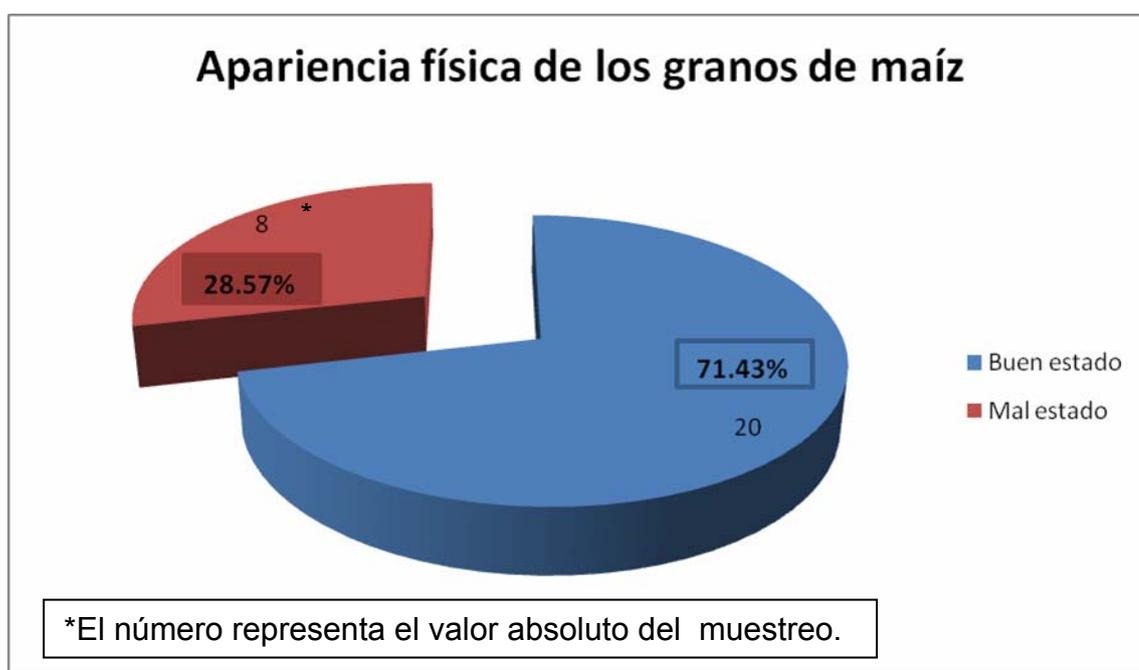


Tabla 2: Resultados de la presencia de aflatoxinas en los granos de maíz analizados.

| NÚMERO DE SACO | RESULTADO |          |          | OBSERVACIONES              |
|----------------|-----------|----------|----------|----------------------------|
|                | 1         | 2        | 3        |                            |
| 1              | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 2              | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 3              | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 4              | Positivo  | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 5              | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 6              | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 7              | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 8              | Positivo  | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 9              | Positivo  | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 10             | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 11             | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 12             | Positivo  | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 13             | Positivo  | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 14             | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 15             | Positivo  | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 16             | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |
| 17             | Positivo  | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 18             | Negativo  | Negativo | Negativo |                            |

|    |          |          |          |                            |
|----|----------|----------|----------|----------------------------|
| 19 | Positivo | Positivo | Positivo | Presenta granos quebrados. |
| 20 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 21 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 22 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 23 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 24 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 25 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 26 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 27 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |
| 28 | Negativo | Negativo | Negativo |                            |

Fuente: Datos experimentales

Tabla 3: Presencia de aflatoxinas en los granos de maíz analizados

| No. de sacos | Resultado | Porcentaje |
|--------------|-----------|------------|
| 20           | Negativos | 71.43%     |
| 8            | Positivos | 28.57%     |

Cálculo del Intervalo de confianza al 90%

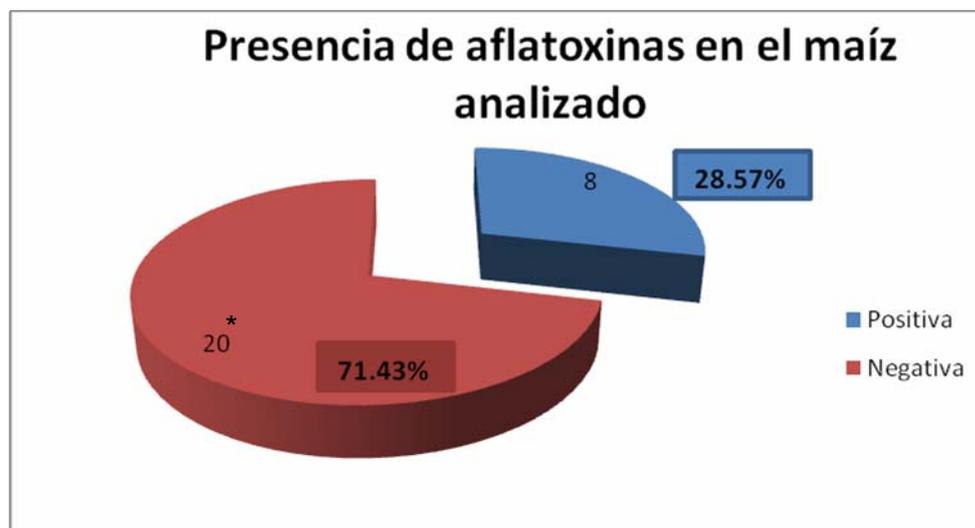
$$Z_{90\%} = 1.645$$

$$IC_{90\%} = p \pm 1.645 \sqrt{pq/n}$$

$$IC_{90\%} = 0.2857 \pm 1.645 \sqrt{(0.2857 \cdot 0.7143/28)}$$

$$IC_{90\%} = 0.2857 \pm 0.1404$$

Gráfica 2: Presencia de aflatoxinas en el maíz analizado.



\*El número representa el valor absoluto del muestreo.

Tabla 4: Resultados de la medición de Temperatura y Humedad en la bodega de almacenamiento de maíz del CENMA.

| FECHA     | HORA  | TEMPERATURA<br>Menor a 20° C | HUMEDAD<br>Menor a 45% | ENCARGADO | REVISOR |
|-----------|-------|------------------------------|------------------------|-----------|---------|
| 5/01/2008 | 12:30 | 38° C                        | 65%                    | LFSJ      | LFSJ    |
| 5/01/2008 | 12:45 | 39° C                        | 65%                    | LFSJ      | LFSJ    |
| 5/01/2008 | 13:00 | 39° C                        | 65%                    | LFSJ      | LFSJ    |

Fuente: Datos experimentales

## 8.2 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control

### 8.2.1 Tarea 1: Establecer un equipo APPCC

Luisa Fernanda Salazar: Jefe de equipo

Julia Amparo García Bolaños: Especialista

Drina de Pineda: Especialista

Francisco Pineda: Colaborador

Fernando Salazar: Colaborador

### 8.2.2 Tarea 2: Describir el producto. Y Tarea 3: Identificar el uso al que ha de destinarse el producto.

|   |
|---|
| <p><b>Nombre del producto:</b> Granos de maíz sembrados en Petén y distribuidos en La Central de Mayoreo de la Ciudad Capital.</p>  |
| <p><b>Descripción completa del producto:</b> Granos de maíz color amarillo, perteneciente a la subespecie <i>Mays Amylacea</i>. Las características principales externas que deben cumplir son ser un maíz limpio, sin quebraduras o infecciones. Debe estar almacenado en un lugar limpio, sin humedad, con ventilación suficiente, con controles de la humedad y temperatura, sobre tarimas especiales y dentro de costales de material resistente e inerte. La humedad y temperatura en la cual se almacene el maíz debe ser menor a 20° C y 45% HR.</p> |
| <p><b>Especificaciones del cliente:</b> Granos de maíz en perfectas condiciones físicas, sin quebraduras, limpio y sin contaminación por aflatoxinas. Producto de alta inocuidad, calidad y confiabilidad de bajo costo.</p>  |
| <p><b>Condiciones de almacenamiento y distribución:</b> Estos granos de maíz deben tener una rotación continua, es decir, tener un sistema de almacenamiento PEPS (primero que entra, primero que sale). Se deben almacenar en un lugar limpio, con control de plagas e insectos, con ventilación adecuada. Sobre tarimas de plástico y dentro de costales especiales para este tipo de alimento. Es de suma importancia el control de Humedad y Temperatura como se indicó anteriormente (Temperatura menor o igual a 20° C y HR menor o igual al 45%)</p> |

**Vida útil:** En este caso no aplica, solo se debe tener mucho cuidado en la distribución del maíz, ya que se tiene que llevar un control del tiempo de almacenaje que lleva el maíz y así distribuir el de mayor tiempo primero. Así mismo se debe tener un control de Temperatura y Humedad para así no acelerar el tiempo de descomposición de los granos de maíz.

**Envasado:** Como este producto se distribuye sin envase especial, así que este inciso no aplica.

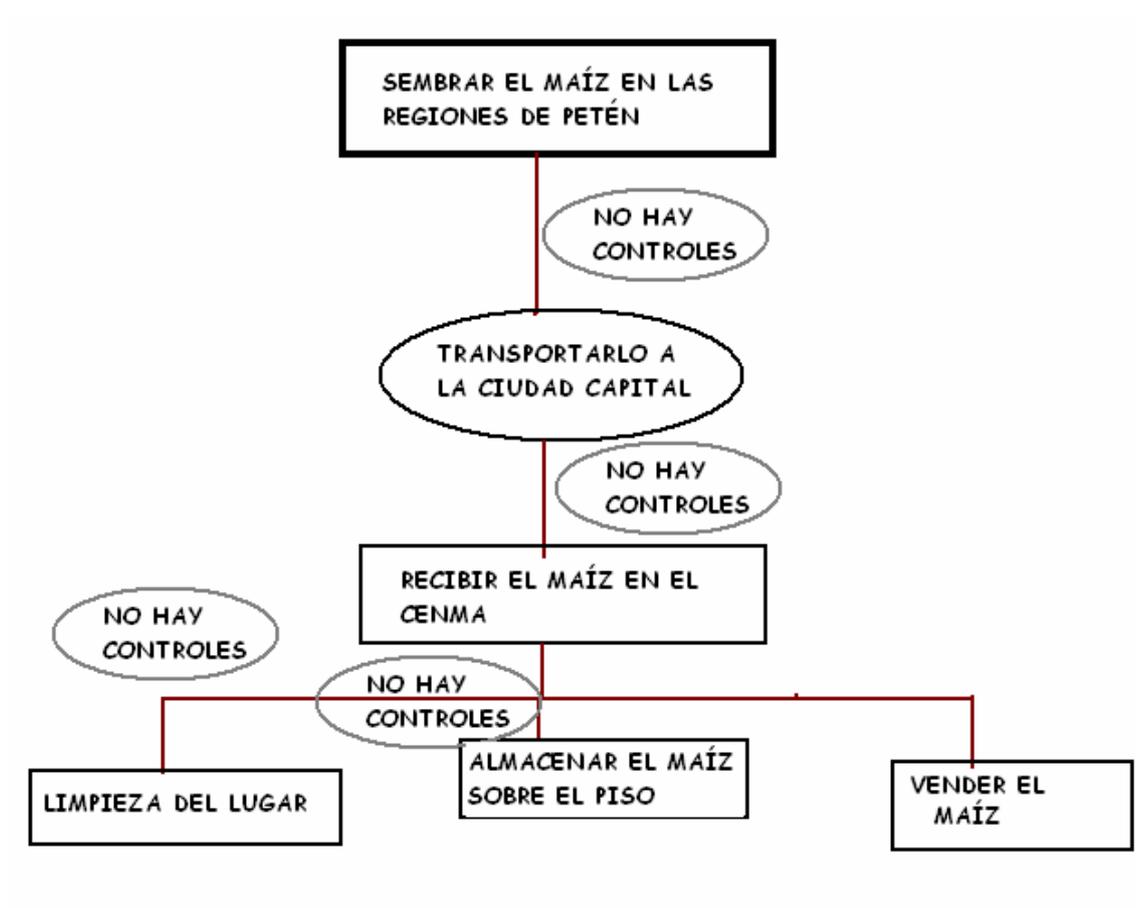
**Instrucciones en la etiqueta:** No aplica.

**Consumidores previstos:** Al ser un producto básico en la dieta de la población, este maíz será consumido por todo tipo de población, incluyen niños, ancianos y personas malnutridas.

**Recomendaciones con respecto a la elaboración ulterior necesaria antes del consumo:** Este producto no se consumirá directamente, se someterá a cocción, molienda y transformación para su posterior consumo.

**Uso al que se destina el producto:** Este producto no se consumirá como se distribuye, se transformará en alimentos y bebidas tales como tortillas, pan, atoles, entre otros.

### 8.2.3 Tarea 4: Elaborar el diagrama de flujo del producto.



### 8.2.4 Tarea 5: Confirmar el diagrama de flujo

Al realizar la tercera visita al lugar de estudio, se comparó la información recogida en el diagrama de flujo con la situación real. Al observar el diagrama de flujo se observa que el proceso de almacenamiento del maíz no es el adecuado, y se observan muchas fallas. El maíz lo transportan desde su lugar de origen (Petén) en camiones o pick-ups. Durante el recorrido de 9 horas, estos granos vienen bajo el sol, y llenos de suciedad de la carretera. Antes de ingresar a la bodega en el CENMA, se limpia el lugar (no adecuadamente\*), y el maíz nuevo que ingresa se almacena junto al otro sobre el piso, no llevando un control sobre cual saco entró primero. Los controles de humedad, temperatura y plagas no se llevan a cabo, y el lugar no tiene la ventilación suficiente para evitar algún tipo de contaminante.

\*Según entrevista realizada a los trabajadores

8.2.5 Tarea 6: Identificar y analizar el peligro o peligros.

| <b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>   | <b>RIESGOS QUÍMICOS</b> | <b>RIESGOS FÍSICOS</b>              |
|---|-------------------------|-------------------------------------|
| Desechos de inmundicie (alas, antenas, patas, pelo o cualquier desecho de insecto o roedor) | Micotoxinas             | Trozos de vidrio, madera, plástico. |
|   | Fungicidas              | Fragmentos metálicos                |
|   | Insecticidas            | Suciedad (polvo, arena, piedras)    |

8.2.6: Tarea 7: Determinar los puntos críticos de control (PCC).

- Condiciones ambientales de almacenamiento: Temperatura máxima y mínima en que se almacena el maíz, controles de temperatura que se llevan. Porcentaje de humedad máxima y mínima. Controles de humedad que se llevan a cabo.
- Condiciones físicas del almacenamiento: Materiales de pisos, paredes y techos. Sistemas de ventilación, tipo de material que recubre directamente el maíz. Presencia de tarimas, y limpieza del lugar.

8.2.7: Tarea 8: Establecer límites críticos para cada PCC.

| <b>PCC</b>                         | <b>Especificaciones</b>  |
|------------------------------------|--|
| Temperatura de almacenamiento      | Temperatura no mayor de 20° C  |
| Humedad relativa de almacenamiento | Humedad relativa menor o igual a 45%.  |
| Limpieza del lugar                 | Limpieza superficial diaria y profunda cada semana con rotación de sanitizantes. |

|                      |   |
|----------------------|---|
| Presencia de tarimas | El maíz debe almacenarse sobre tarimas de plástico. |
|----------------------|---|

8.2.8 Tarea 9: Establecer un procedimiento de vigilancia.

| PCC                                | Especificaciones  | MONITOREO   |   |                                       |
|------------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|
|                                    |   | CÓMO  | FRECUENCIA  | RESPONSABLE                           |
| Temperatura de almacenamiento      | Temperatura no mayor de 20° C                                   | Se va a instalar un higrómetro digital para medir la temperatura y humedad.   | Todos los días, tres veces. A las 8:00 am, a las 14:00 y a las 19:00.                 | El encargado de la bodega de ese día. |
| Humedad relativa de almacenamiento | Humedad relativa menor o igual a 45%.                           |   |   |                                       |
| Limpieza del lugar                 | Lugar limpio, libre de partículas, con pisos y paredes limpios. | La limpieza superficial consistirá en recoger basura y partículas así como una limpieza leve de pisos. En la limpieza profunda se deberán lavar las paredes y piso con sanitizantes que deberán rotarse mensualmente. | Limpieza superficial: diaria, dos veces.<br><br>Limpieza profunda: 1 vez a la semana. | Encargado de limpieza.                |
| Presencia de tarimas               | El maíz debe almacenarse sobre tarimas.                         | Las tarimas deben de ser de plástico.   | Todo el tiempo  | Encargado de la bodega.               |

8.2.9 Tarea 10: Establecer medidas correctoras.

| <b>PCC</b>                         | <b>Especificaciones</b>   | <b>ACCIÓN CORRECTIVA</b>  |
|------------------------------------|---|---|
| Temperatura de almacenamiento      | Temperatura no mayor de 20° C                                   | Revisar el sistema de ventilación y ajustarlo.                                      |
| Humedad relativa de almacenamiento | Humedad relativa menor o igual a 45%.                           | Revisar que los deshumidificadores funciones adecuadamente y bajar las temperatura. |
| Limpieza del lugar                 | Lugar limpio, libre de partículas, con pisos y paredes limpios. | Realizar una limpieza exhaustiva.   |
| Presencia de tarimas               | El maíz debe almacenarse sobre tarimas de plástico.             | Colocación de tarimas de plástico.  |

8.2.10 Tarea 11: Verificar el plan de APPCC y Tarea 12: Mantener registros

- Se tomarán muestras cada 6 meses para analizarlas y determinar la presencia de aflatoxinas. Estas muestras serán analizadas por estudiantes universitarios, para evitar un gasto por las mismas.
- Diariamente se llevará un control de los PCC mencionados, en donde se colocará el PCC, las especificaciones, los resultados y la persona encargada. (Ver anexo 13.11)
- Se interrogará al personal una vez al mes, para observar el cumplimiento de las especificaciones establecidas.
- Cada seis meses se deberá realizar una auditoría oficial externa para observar el funcionamiento del proyecto.

### 8.3 Fotos tomadas en el lugar de estudio



## 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este estudio se determinó la presencia de aflatoxinas en granos de maíz, y se realizó un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos para evitar y disminuir la contaminación por estas micotoxinas.

Según los resultados obtenidos en la determinación cualitativa de aflatoxinas en los granos de maíz analizados, se puede observar en la tabla 2 que de las 28 muestras analizadas, 8, que corresponde a un 28.57% muestran un resultado positivo de la misma. Según el intervalo de confianza al 90%, de la muestra universo de 500 sacos presentes en el CENMA, los sacos que pueden presentar contaminación por aflatoxinas, pueden estar dentro de un rango del 14.53% al 42.61%. A cada una de las muestras analizadas se le realizó una lectura por triplicado, y las 8 muestras tuvieron un resultado positivo en las tres lecturas. Si se compara los resultados de la tabla 1 con los de la tabla 2, se observa que las mismas muestras que resultaron contaminadas, fueron las mismas que presentaban defectos físicos, como quebradura y suciedad de los granos de maíz. Las rajaduras y la falta de higiene son algunos de los factores que facilitan el crecimiento de aflatoxinas, y según estos resultados se verifica este hecho.

Al encontrar resultados positivos en el análisis de presencia de aflatoxinas, se realizó un sistema de control para evitar la contaminación por estas micotoxinas. Es por esto que para fines de este estudio, se realizó un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos en la etapa de la poscosecha (almacenamiento) de los granos de maíz.

Para la realización del APPCC, se realizaron 3 visitas a la Central de Mayoreo de la ciudad capital. En cada una de las visitas se realizaron diferentes funciones siendo la más importantes la tercera visita ya que se realizó el APPCC.

Se realizaron las 12 tareas que comprenden el APPCC, de las cuales una de las más importantes es la tarea 7, ya que identifica los puntos críticos de control. Para fines de este estudio se identificaron 2 puntos críticos; Condiciones ambientales y condiciones físicas de almacenamiento. Entre las condiciones ambientales, se identificaron como puntos críticos la temperatura y humedad relativa de almacenamiento. Se escogieron estos dos parámetros ya que se sabe que el crecimiento de micotoxinas es

directamente proporcional a una temperatura y humedad elevada. Para cuantificar estos valores al realizar la última visita se realizaron tres mediciones a diferentes tiempos, de los cuales según la tabla 4 en la bodega de almacenamiento los intervalos de los mismos fueron 39° C y 65% humedad en promedio.

Entre las condiciones de almacenamiento físicas que se tomaron en cuenta fueron; materiales de pisos, paredes y techos, sistemas de ventilación, tipo de material que recubre directamente el maíz, presencia de tarimas y limpieza del lugar. El lugar se encontraba sucio, desordenado, y los costales de maíz se estaban almacenados sobre el piso directamente. No se llevaba registro de limpieza ni de cuál saco de maíz había sido el último en entrar. Los materiales de pisos, paredes y techos del lugar no eran los adecuados para el almacenamiento del maíz ya que no eran de fácil limpieza, y en sus superficies eran muy susceptibles a incrustaciones de insectos u otros contaminantes.

En base a estos dos puntos críticos de control, se realiza el APPCC para disminuir la contaminación de aflatoxinas en el maíz y así mejorar la calidad e inocuidad de los mismos.

## 10. CONCLUSIONES

- 10.1 De acuerdo a las pruebas realizadas en los granos de maíz, 8 muestras que corresponden al 28.57%, resultaron positivas.
- 10.2 Según el intervalo de confianza al 90%, de la muestra universo de 500 sacos presentes en el CENMA, los sacos que pueden presentar contaminación por aflatoxinas, pueden estar dentro de un rango del 14.53% al 42.61%
- 10.3 De las 8 muestras contaminadas, todas presentaron defectos físicos, como rajaduras y suciedad, en los mismos.
- 10.4 Se realizó un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos para evitar la contaminación del maíz por aflatoxinas.
- 10.5 La bodega donde se almacena este maíz proveniente de las regiones de Petén, se encontraba sucia y desordenada, el maíz sobre el piso, y no se realizaba ningún control de temperatura, humedad y plagas.
- 10.6 Para la realización del APPCC se identificaron dos puntos críticos de control: Condiciones ambientales y físicas de almacenamiento del maíz.

## 11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Realizar capacitaciones para concientizar al personal a cargo de la distribución y almacenamiento del maíz amarillo en el CENMA.
- 11.2 A pesar de los grandes logros que se han obtenido en el campo de la prevención y control de la contaminación de Micotoxinas a nivel internacional, aún en Latinoamérica y Asia se deben implementar programas de mayor envergadura hacia este objetivo.
- 11.3 Después del estudio realizado, se debería de implementar el Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos en la bodega analizada y en las otras 5 que se encuentran en el CENMA.
- 11.4 Para poder implementar el APPCC, sería adecuado buscar apoyo financiero para la compra de los higroscopios para medir la temperatura y humedad relativa del ambiente, y apoyo de la municipalidad capitalina para que implemente un sistema adecuado de almacenamiento y control de calidad de los granos de maíz.
- 11.5 Buscar apoyo internacional para la implementación de bodegas adecuadas para almacenar granos de maíz.
- 11.6 Se recomienda buscar apoyo con las universidades del país para que por medio de programas estudiantiles se analicen las muestras periódicamente de granos de maíz y así mismo renueven el sistema de control.
- 11.7 El maíz es un recurso que se encuentra en abundancia en nuestro país, y el porcentaje de la población que se alimenta de él es muy grande, si se realizan los cuidados adecuados, se puede evitar contaminaciones del maíz y así brindar a la población alimentos de alta calidad e inocuidad.

11.8 Entre las causas más comunes de la cirrosis están el alcoholismo y el virus de Hepatitis C, pero en la actualidad a nivel mundial se ha visto una tendencia de cirrosis provocada por consumos periódicos y en grandes dosis de aflatoxinas. Es por esto que se recomienda prestarle atención a esta nueva tendencia para evitar más daños hepáticos que pueden llevar a un cáncer o hasta la muerte.

## 12. REFERENCIAS

1. Carballo, C. **Evaluación de la calidad de alimentos balanceados producidos en una industria avícola de la ciudad de Guatemala.** pp. 1, 2, 4, 7, 13, 21, 25. Tesis. Licenciado en Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica.
2. Gonzales, Salas, R. 1997 **Desafíos en la lucha contra las micotoxinas. (en línea) Cuba. Casa editora.** Consultado el 13 de enero de 2007. Disponible en: <http://monografias.com/trabajos/micotoxinas/micotoxinas.shtml>.
3. Montaner, Jordi. 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, casa editora. Consultado el 30 de junio de 2007. Disponible en <http://consumaseguridad.com>
4. Izquierdo P. 1995. **Presencia de alfatoxinas en algunos alimentos. (en línea)** Venezuela, casa editora. Consultado el 7 de mayo de 2007. Disponible en: [http://revfacagronluz.org.ve/v13\\_4/v134z011.html](http://revfacagronluz.org.ve/v13_4/v134z011.html)
5. Díaz, M. **Determinación de los niveles de aflatoxinas en tortillas y granos de maíz procedentes de la aldea La Espinilla, Rio Hondo, Zacapa. Guatemala,** pp. 1,2,4,5,6,15,16,18,21,25,26. Tesis. Licenciado en Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica.
6. Gimeno, Alberto. 2007. **Aflatoxicosis en humanos provocada por el consume de alimentos contaminados, que no son de origen animal.** (en línea) Estados Unidos de América, casa editora. Consultado el 17 de julio de 2007. Disponible en [http://engormix.com/artículo\\_aflatoxicosis\\_humanos\\_provocada\\_forumsview11872.htm](http://engormix.com/artículo_aflatoxicosis_humanos_provocada_forumsview11872.htm)
7. Bertullo, N. Y col. (2000). **Micotoxin in the Industry.** Abomik Cesk Akad. Zemedl. Ved. 28<sup>a</sup> , 344-353.

8. **Official Methods of Analysis 1980** 13 th Ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, Method 26031, pág. 419.
9. Mann, Hans. 2001. **Aspectos de Control de Calidad en Plantas de Alimentos Balanceados**. Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica año 14 No. 163, pp. 6-12.
10. Rodríguez, A. E. 1987. **Determinación de aflatoxinas en huevos producidos por granjas avícolas de Guatemala**. Guatemala. Pp. 1, 2, 3, 6, 18, 15. Tesis. Licenciado en Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica.
11. Anderson, E. 1945. **What is *Zea mays*?** A report of progress. *Chron. Bot.*, 9: 88-92.
12. Beadle, G.W. 1978. **Teosinte and the origin of maize**. In D.B. Walden, ed. *Maize breeding and genetics*, p. 113-128. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons
13. Brandolini, A. 1970. **Maize**. In O.H. Frankel & E. Bennett, eds. *Genetic resources in plants: their exploration and conservation*, p. 273-309. Philadelphia, PA, USA, F.A. Davis.
14. Dowswell, C.D., Paliwal, R.L. & Cantrell, R.P. 1996. **Maize in the third world**. Boulder, CO, USA, Westview Press.
15. Galinat, W.C. 1995. **El origen del maíz: el grano de la humanidad - The origin of maize: grain of humanity**. *Econ. Bot.*, 49: 3-12.
16. Wilkes, H.G. 1979. **Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize**. *Crop Improv.*, 6(1): 1-18.
17. Gaedcke, F. 2003 **Herbal Medicinal Products Scientific and Regulatory Basis for Development, Quality, assurance and Marketing Authorization**. Ed, Medpharm. E.E.U.U. pp 108-109

18. COGUANOR NGO 34052h2: **Comisión Guatemalteca de Normas**, Guatemala, Ministerio de Economía.
19. COGUANOR NGO 34047: **Comisión Guatemalteca de Normas**, Guatemala, Ministerio de Economía.
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 2003 **Manual sobre la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control APPCC en la prevención y Control de Micotoxinas**. (en línea) Roma, casa editora. Consultado el 1 de agosto de 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/Y1390S/y1390s0i.htm#TopOfPage>
21. González, A. 1994. **Las micotoxinas en los alimentos balanceados, detección y control**, México, El informador Avícola No. 63 Asociación Nacional de Avicultores, Gremial de Técnicos Avícolas, pp. 14-18.
22. Albizúrez, J.M. 1999. **Estudio Retrospectivo de la presencia de micotoxinas en cereales utilizados en una planta de alimentos para animales en Guatemala**. Guatemala: pp 2-10. Tesis Ingeniero Agrónomo Industrial. Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales.
23. Bolaños, A.S.,1997. **Aflatoxinas en leche, metodología para la elaboración de una propuesta para medidas de control**. En: Memorias del II Simposium Latinoamericano de micotoxinas. p. 18.
24. Valdés, J. 1999. **Propuesta de un manual de procedimientos basados en los principios HACCP, para la producción de semillas de maíz sin presencia adventicia de trazas OGM indeseadas**. (en línea). Chile, casa editora. Cosnultado el 16 de junio de 2007. Disponible en: <http://dspace.utalca.cl/retrieve/1522.pdf>
25. Codex Stan 153. **Norma del Codex para el maíz. Codex Stan 153.1985**. (rev 1-1995). Codex Alimentarius.

## 13. ANEXOS

### 13.1 Maíz

#### 10.1.1 Definición:

El maíz ( *Zea mays*) es una gramínea caracterizada por poseer tallos en forma de caña, aunque macizos en su interior a diferencia del resto de miembros de su familia que los tienen huecos (11). Destaca fundamentalmente por su inflorescencia femenina llamada mazorca, en donde se encuentran las semillas ( granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje. La mazorca está cubierta por brácteas de color verde y textura papirácea y termina en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por los estilos (12).

Existen muchas variedades de maíz, pero todas ellas proceden de la especie silvestre *Zea diploperennis* que crece en México (13). Esta especie es muy semejante a las actuales variedades si bien presenta mazorcas más pequeñas y con menos granos. La selección de las variedades más vigorosas y las modernas técnicas de cultivo ha producido los ejemplares actuales híbridos mucho más productivos. Las técnicas actuales se dirigen a la producción de variedades que sean alimentariamente más perfectas. Destaca el llamado opaco-2 con un contenido en aminoácidos más adecuado para el organismo.

#### 10.1.2 Importancia histórica del maíz

Restos arqueológicos revelan que el maíz comenzó a cultivarse hace casi 5000 años en América. Este alimento constituyó la base de muchas culturas americanas antiguas. Aztecas, Incas o Mayas centraban su alimentación en él. El mismo nombre deriva del vocablo *mahis*, que según los nativos de Haití, significaba " el que sostiene la vida". El cultivo de este cereal ya se encontraba plenamente implantado en América cuando llegaron los

colonizadores europeos. Los nativos basaban su alimentación en él y lo complementaban con el cultivo de frijoles y calabazas. (Además de complementar la alimentación, los tallos del maíz permitía a los frijoles enroscarse en ellos y las hojas de las calabazas impedían el desarrollo de las hierbas). Eran unos tipos de alimentos con una elevada producción sin una dedicación exclusiva al mismo tiempo que tenían un fácil almacenaje. Los colonizadores españoles lo trajeron a España en el siglo XVI. A principios del siglo XVI comenzó a extenderse su cultivo por el norte de la península ibérica para pasar a extenderse en el siglo XVIII por el resto de Europa. Hoy en día se encuentra cultivado prácticamente en todas las zonas del mundo, con la condición de que tengan un sistema de riego o de lluvias primaverales necesarias para su crecimiento (14).

## 13.2 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control

### 13.2.1 Historia del APPCC

El APPCC se ha convertido en sinónimo de inocuidad de los alimentos. Es un procedimiento sistemático y preventivo, reconocido internacionalmente para abordar los peligros biológicos, químicos y físicos mediante la previsión y la prevención, en vez de mediante la inspección y comprobación de los productos finales (20).

El sistema de APPCC para gestionar los aspectos relativos a la inocuidad de los alimentos surgió de dos acontecimientos importantes. El primero se refiere a los novedosos aportes hechos por W. E. Deming, cuyas teorías sobre la gestión de la calidad se consideran como decisivas para el vuelco que experimentó la calidad de los productos japoneses en los años 50. Deming y colaboradores desarrollaron los sistemas de gestión de la calidad integral o total (GCT), que consistían en la aplicación de una metodología aplicada a todo el sistema de fabricación para poder mejorar la calidad y al mismo tiempo bajar los costos. El segundo avance importante fue el desarrollo del concepto de APPCC como tal. Los pioneros en este campo fueron durante los años 60 la compañía Pillsbury, el Ejército de los Estados Unidos y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Estos últimos desarrollaron conjuntamente este concepto para producir alimentos inocuos para el programa espacial de los Estados Unidos. La NASA quería contar con un programa con «cero defectos» para garantizar la inocuidad de los alimentos que los astronautas consumirían en el espacio. Por lo tanto, la compañía Pillsbury introdujo y adoptó el APPCC como el sistema que podría ofrecer la mayor inocuidad, mientras que se reducía la dependencia de la inspección y de los análisis del producto final. Dicho sistema ponía énfasis en la necesidad de controlar el

proceso desde el principio de la cadena de elaboración, recurriendo al control de los operarios y/o a técnicas de vigilancia continua de los puntos críticos de control. La compañía Pillsbury dió a conocer el concepto de APPCC en una conferencia para la protección de los alimentos, celebrada en 1971. En 1974 la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA - United States Food and Drug Administration) utilizó los principios de APPCC para promulgar las regulaciones relativas a las conservas de alimentos poco ácidos. A comienzos de los años 80, la metodología del APPCC fue adoptada por otras importantes compañías productoras de alimentos (20).

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos recomendó en 1985 que las plantas elaboradoras de alimentos adoptaran la metodología del APPCC con el fin de garantizar su inocuidad (20). Más recientemente, numerosos grupos, entre ellos la Comisión Internacional para la Definición de las Características Microbiológicas de los Alimentos (ICMSF) y la International Association of Milk, Food and Environmental Sanitarians (IAMFES), han recomendado la aplicación extensiva del APPCC para la gestión de la inocuidad de los alimentos (24).

### 13.2.2 Los principios generales del CODEX de higiene de los alimentos

Reconociendo la importancia del APPCC para el control de los alimentos, durante el 20º período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius, celebrado en Ginebra, Suiza, del 28 de junio al 7 de julio de 1993, se aprobaron las Directrices para la Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC). La Comisión fue informada de que el borrador revisado sobre los Principios Generales de Higiene de los Alimentos también incorporaría la metodología del APPCC. El texto revisado del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de

los Alimentos [CAC/RCP-1 (1969), Rev. 3 (1997)], fue aprobado por la Comisión del Codex Alimentarius durante su 22º período de sesiones, en junio de 1997. El Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) y Directrices para su Aplicación, aparece como Anexo de ese documento [Anexo al CAC/RCP-1 (1969), Rev. 3 (1997)]. Los Principios Generales del Codex sobre Higiene de los Alimentos constituyen una sólida base para garantizar un control eficaz de la higiene de los alimentos, ya que abarcan toda la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumidor, con el fin de mejorar la inocuidad de los alimentos. Estos controles han sido reconocidos internacionalmente como una herramienta esencial para garantizar la inocuidad y la aptitud de los alimentos para el consumo humano y para el comercio internacional (25).

### 13.3 Estadísticas históricas de producción de granos básicos en Guatemala.

Guatemala es un país en donde aproximadamente el 50% de la población se dedica a la agricultura. Este artículo presenta las estadísticas históricas de 16 años de producción de maíz, frijol, arroz y trigo en el país.

Los granos básicos más importantes para la población son el frijol y el maíz que son la base de la dieta alimenticia. Un estimado en el "The World Fact Book" de la agencia de inteligencia de los Estados Unidos, indica que la población del país es de 12,974,361 habitantes a julio de 2001 con una tasa de crecimiento de 2.3%. Sería de esperarse un incremento en la producción y la productividad de granos básicos debido al aumento de población, lamentablemente las estadísticas muestran que ni la producción ni la productividad se han incrementado cualitativamente. Es importante notar que en Guatemala la mayoría de la producción agrícola es de temporal.

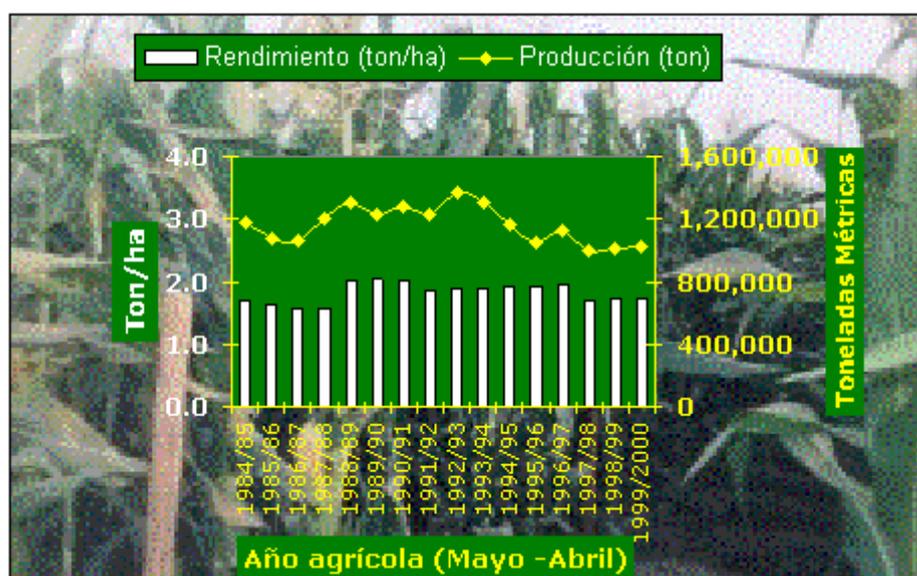
#### **Maíz.**

Las estadísticas de producción de maíz en Guatemala presentan una tendencia a mantener constantes la superficie total cultivada y el rendimiento promedio por hectárea. Como se puede observar en la tabla y figura 1. Las toneladas totales producidas desde 1985 hasta el año 2000 se han mantenido alrededor de 1'200,000 T. con rangos que van desde un millón trescientas mil, hasta niveles menores al millón de toneladas, especialmente después del efecto del huracán Mitch en 1998. La importación del grano por el contrario se ha incrementado 63 veces, lo cual se debe al incremento de la población ya que la producción interna en lugar de aumentar se ha mantenido casi constante tendiendo a disminuir. Los rendimientos por hectárea se han mantenido cerca de los 1,800 kg/ha con medias que llegaron a 2,000 kg/ha durante los primeros años de la década de los 90's hasta su caída como efecto de las inundaciones de 1998. La superficie cosechada también se ha mantenido constante desde 1985 en alrededor de 700,000 hectáreas con fluctuaciones de +/- 100,000 hectáreas por año.

Tabla 1. Área, producción, importación y rendimiento de maíz en Guatemala desde 1984/85 hasta el año 2000/2001

| Año Agrícola<br>(mayo-abril) | Área cosechada<br>Hectáreas | Producción<br>toneladas | Importación<br>Toneladas | Rendimiento<br>Ton/ha |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1984/85                      | 690,050                     | 1,181,299               | 5,166                    | 1.71                  |
| 1985/86                      | 658,399                     | 1,073,239               | 14,696                   | 1.63                  |
| 1986/87                      | 676,146                     | 1,062,331               | 36,963                   | 1.57                  |
| 1987/88                      | 762,856                     | 1,199,774               | 21,450                   | 1.57                  |
| 1988/89                      | 643,027                     | 1,305,270               | 36,968                   | 2.03                  |
| 1989/90                      | 599,287                     | 1,229,416               | 15,939                   | 2.05                  |
| 1990/91                      | 633,315                     | 1,274,566               | 117,471                  | 2.01                  |
| 1991/92                      | 667,482                     | 1,230,663               | 103,596                  | 1.84                  |
| 1992/93                      | 724,287                     | 1,363,516               | 94,188                   | 1.88                  |
| 1993/94                      | 698,365                     | 1,307,552               | 144,061                  | 1.87                  |
| 1994/95                      | 606,903                     | 1,171,147               | 150,824                  | 1.93                  |
| 1995/96                      | 546,185                     | 1,046,795               | 173,812                  | 1.92                  |
| 1996/97                      | 575,112                     | 1,120,073               | 213,832                  | 1.95                  |
| 1997/98                      | 587,269                     | 996,864                 | 247,747                  | 1.70                  |
| 1998/99                      | 587,619                     | 1,006,834               | 259,876                  | 1.71                  |
| 1999/2000                    | 588,667                     | 1,024,855               | 321,825                  | 1.74                  |
| 2000/2001                    | 590,414                     | 1,053,549               | 327,807                  | 1.78                  |

Figura 1. Rendimiento por hectárea y Producción total de Maíz en Guatemala desde 1985 hasta el año 2000.



### 13.4 AFLATOXINAS Y FRUTOS SECOS:

**El riesgo de padecer cáncer de hígado se ha correlacionado con un consumo excesivo de aflatoxinas, contenidas en productos naturales de consumo común**

17 de agosto de 2004

JORDI MONTANER

Las autoridades sanitarias europeas han puesto cerco a las aflatoxinas, tóxicos contenidos en cacahuetes, pistachos, nueces o frutos secos de origen tropical, después de que estudios clínicos hayan vinculado su presencia en la dieta con un riesgo de cáncer hepático.

La Food Standards Agency (FSA) del Reino Unido se ha apresurado a certificar que en el 95% de las muestras de frutos secos comercializadas en aquel país los niveles de aflatoxinas están ausentes o muy por debajo de lo que marca la ley. Con todo, el informe más reciente llevado a cabo al respecto confirma que, aún siendo muy pocas, las marcas que contienen más aflatoxinas de lo permitido han proliferado con respecto a informes anteriores.

Las aflatoxinas son toxinas naturales contenidas en productos tales como los cacahuetes, pistachos, nueces de Brasil y también frutos secos como higos o albaricoques. Se producen a partir de levaduras comunes en países tropicales en los que los frutos secos son consumidos con profusión, hecho que estudios clínicos han relacionado con una incidencia inusualmente elevada de cáncer hepático. Asimismo, se especula con que productos muy consumidos en los países del hemisferio norte como mantequilla de cacahuete, mermeladas o pastelitos elaborados con frutas desecadas, puedan contener en sus productos de origen una proporción elevada de aflatoxinas.

La Unión Europea fijó en su día unos valores límite de aflatoxinas en los productos agrícolas de importación, y tanto las autoridades portuarias como sanitarias de los países miembros llevan a cabo controles con asiduidad. Se insiste en que no hay

ninguna base legal ni científica para desaconsejar el consumo regular de frutos secos como parte de una dieta sana y equilibrada.

La FSA hizo público el mes pasado un informe de detección de aflatoxinas en productos de venta del país y que abarca de noviembre del 2003 a enero del 2004. De un total de 197 muestras analizadas, el 70% reveló cantidades indetectables, y en el 25% se detectaron niveles de aflatoxinas por debajo de los 2-4 microgramos/kg que fijan las leyes.

Preocupa en especial la presencia de la aflatoxina B1, considerada de mayor poder deletéreo, que en un 5% de las muestras analizadas mostró niveles superiores a los admitidos. En estos casos identificados la propia FSA retiró los productos de la venta. Las autoridades sanitarias insisten, no obstante, en que los niveles de aflatoxinas por debajo de 2-4 microgramos no causan ningún deterioro al organismo.

### 13.5 POTENCIAL DE RIESGO CANCERÍGENOS:

El epidemiólogo Xavier Bosch (Instituto Catalán de Oncología) asegura que la contaminación por aflatoxinas se circunscribe sobre todo a las «cosechas no controladas sanitariamente de algunos frutos secos como pistachos y cacahuetes, maíz o arroz, así como en partidas de leche y derivados, pudiendo resultar especialmente grave en zonas donde estos son los alimentos principales de consumo».

Bosch publicó hace poco, junto a su equipo de investigadores, una revisión en la revista Science sobre la toxicidad causada por aflatoxinas, y en ella se mostró partidario de implantar controles sanitarios más eficaces de los productos más habitualmente contaminados en sus lugares de origen.

En determinados grupos de riesgo de cáncer hepático, como los individuos expuestos a la infección por la hepatitis B, la vigilancia sobre elementos potencialmente contaminados resulta esencial, ya que la aflatoxina está considerada como un factor de riesgo en tal sentido.

El experto relaciona también la reducción del cáncer de hígado a escala mundial con un mayor control de la contaminación de los alimentos por aflatoxinas. «Los estudios científicos que correlacionan aflatoxinas y hepatocarcinoma son más abundantes con modelos animales que en clínica humana, por lo que hacen falta más investigaciones». Según Bosch, la toxicosis aguda o necrosis hepática son trastornos graves que pueden diezmar en sólo 48 horas a grupos de población centrada casi exclusivamente al consumo masivo de estos alimentos contaminados con el carcinógeno.

El cáncer de hígado es el quinto tumor por incidencia en el mundo. El número estimado de muertes en el mundo es de 427.000, y es en los países en vías de desarrollo donde las tasas de incidencia son dos y tres veces más abundantes que en nuestro medio. El mecanismo celular y molecular por el que aflatoxinas y virus de la hepatitis B (VHB) pueden interaccionar todavía no se ha definido, «pero un mecanismo posible, identificado ya en ratones

transgénicos con VHB es que la lesión crónica del hígado altera la expresión del agente carcinógeno específico que metabolizan las enzimas».

### 13.6 Tareas que entraña la elaboración de un sistema de APPCC

(Basadas en el Codex de 1997)

Tarea 1. Formación de un equipo de APPCC

Tarea 2. Descripción del producto

Tarea 3. Definición de las características esenciales del producto y determinación del uso al que se destina

Tarea 4. Elaboración de un diagrama de flujo del producto

Tarea 5. Confirmación *in situ* del diagrama de flujo

Tarea 6. Enumeración de todos los posibles peligros  
Realización de un análisis de peligros  
Identificación de las medidas de control

Tarea 7. Determinación de los PCC

Tarea 8. Establecimiento del límite crítico para cada PCC

Tarea 9. Establecimiento de un sistema de vigilancia para cada PCC

Tarea 10. Establecimiento de medidas correctoras para las desviaciones que pudieran producirse

Tarea 11. Establecimiento de procedimientos de verificación

Tarea 12. Establecimiento de un sistema de documentación y mantenimiento de registros

### 13.7 Ejemplo de formulario:

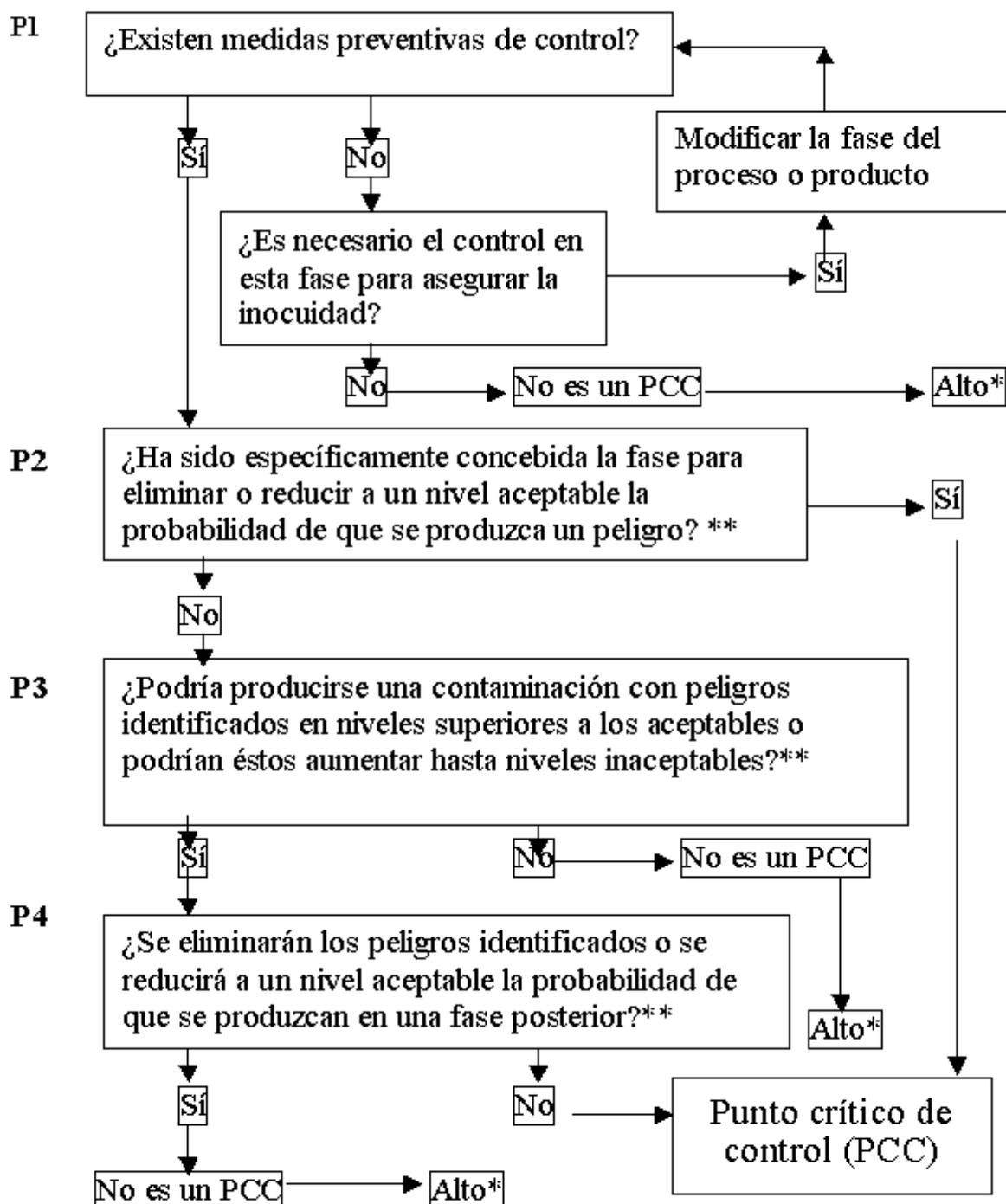
#### Descripción del producto y determinación del uso al que se destina

|  |
|--|
| <b>Nombre del producto</b>   |
| <b>Descripción completa del producto</b> , con inclusión de su estructura o variedad, parámetros de elaboración, concentraciones de aditivos, instrucciones de almacenamiento, niveles de pH, $a_w$ y humedad y <i>niveles previstos para cualquier micotoxina (establecidos con carácter reglamentario o conforme a las especificaciones del cliente)</i> . |
| <b>Especificaciones del cliente</b>  |
| <b>Condiciones de almacenamiento y distribución</b>  |
| <b>Vida útil</b>   |
| <b>Envasado</b>  |
| <b>Instrucciones en la etiqueta</b>  |
| <b>Consumidores previstos</b>  |
| <b>Recomendaciones con respecto a la elaboración ulterior necesaria antes del consumo</b>  |
| <b>Uso al que se destina el producto</b> , como por ejemplo, si se someterá a cocción el producto final antes de su consumo  |

### 13.8 Ejemplo de un árbol de decisiones para identificar los PCC

(Se ha modificado ligeramente la definición de medida de control del Codex de 1997 para poder aplicarla a la cadena de producción. La definición comprende ahora las actividades realizadas para prevenir la contaminación posterior)

Responda a las preguntas en orden sucesivo.



\* Prosiga al siguiente peligro

\*\* Es necesario definir los niveles aceptables

### 13.9 Ejemplo de hoja de trabajo del sistema de APPCC

1. Descripción del producto

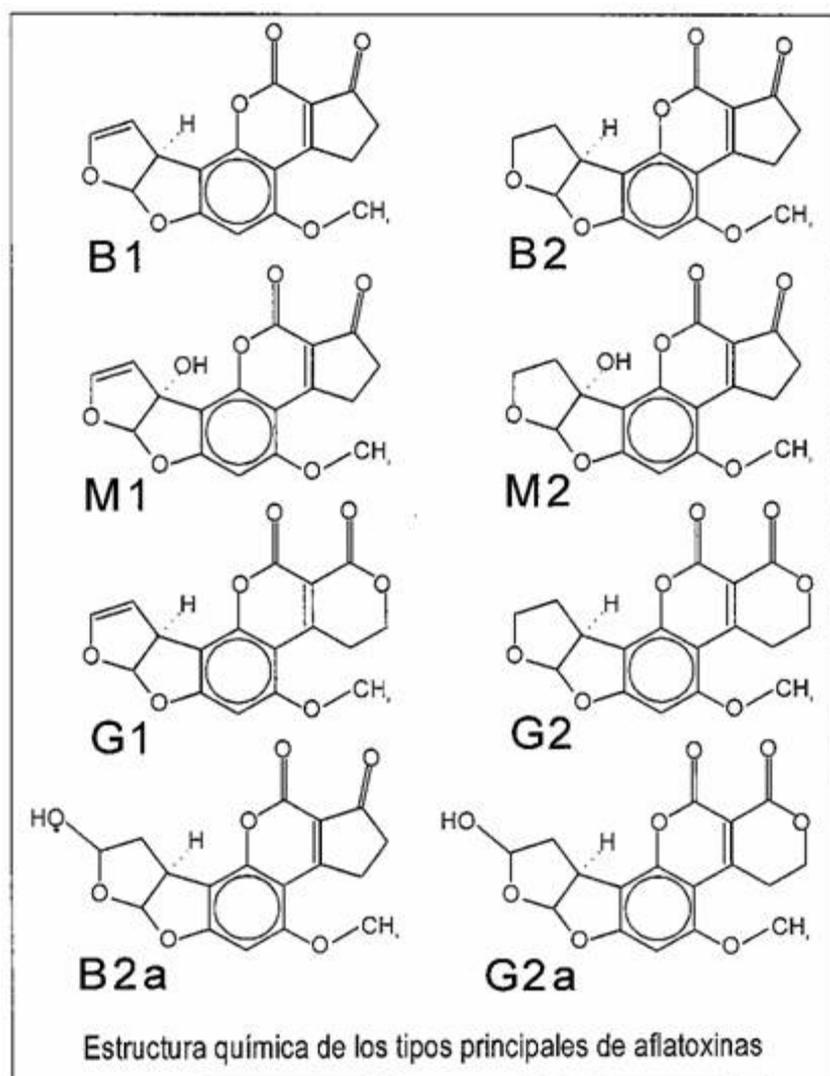
2. Diagrama de flujo del producto

3. Plan de análisis de APPCC

| Fase | Peligros | Medidas de control | Control | Límites críticos | Procedimiento de vigilancia | Medidas correctoras | Registros |
|------|----------|--------------------|---------|------------------|-----------------------------|---------------------|-----------|
|      |          |                    |         |                  |                             |                     |           |

4. Verificación

## 13.10 Estructura Química de las Aflatoxinas



### 13.11 Esquema de hoja de control de verificación de PCC.

#### 13.11.1. Control de temperatura y humedad del ambiente.

| FECHA | HORA | TEMPERATURA<br>Menor a 20° C | HUMEDAD<br>Menor a 45% | ENCARGADO | REVISOR |
|-------|------|------------------------------|------------------------|-----------|---------|
|       |      |                              |                        |           |         |
|       |      |                              |                        |           |         |

Vigencia: Se debe de actualizar cada 2 años.

#### 13.11.2 Control de limpieza de área

| FECHA | HORA | TIPO DE LIMPIEZA<br>(PROFUNDA O<br>SUPERFICIAL) | SANITIZANTE* | ENCARGADO |
|-------|------|---|--------------|-----------|
|       |      |   |              |           |
|       |      |   |              |           |
|       |      |   |              |           |
|       |      |   |              |           |

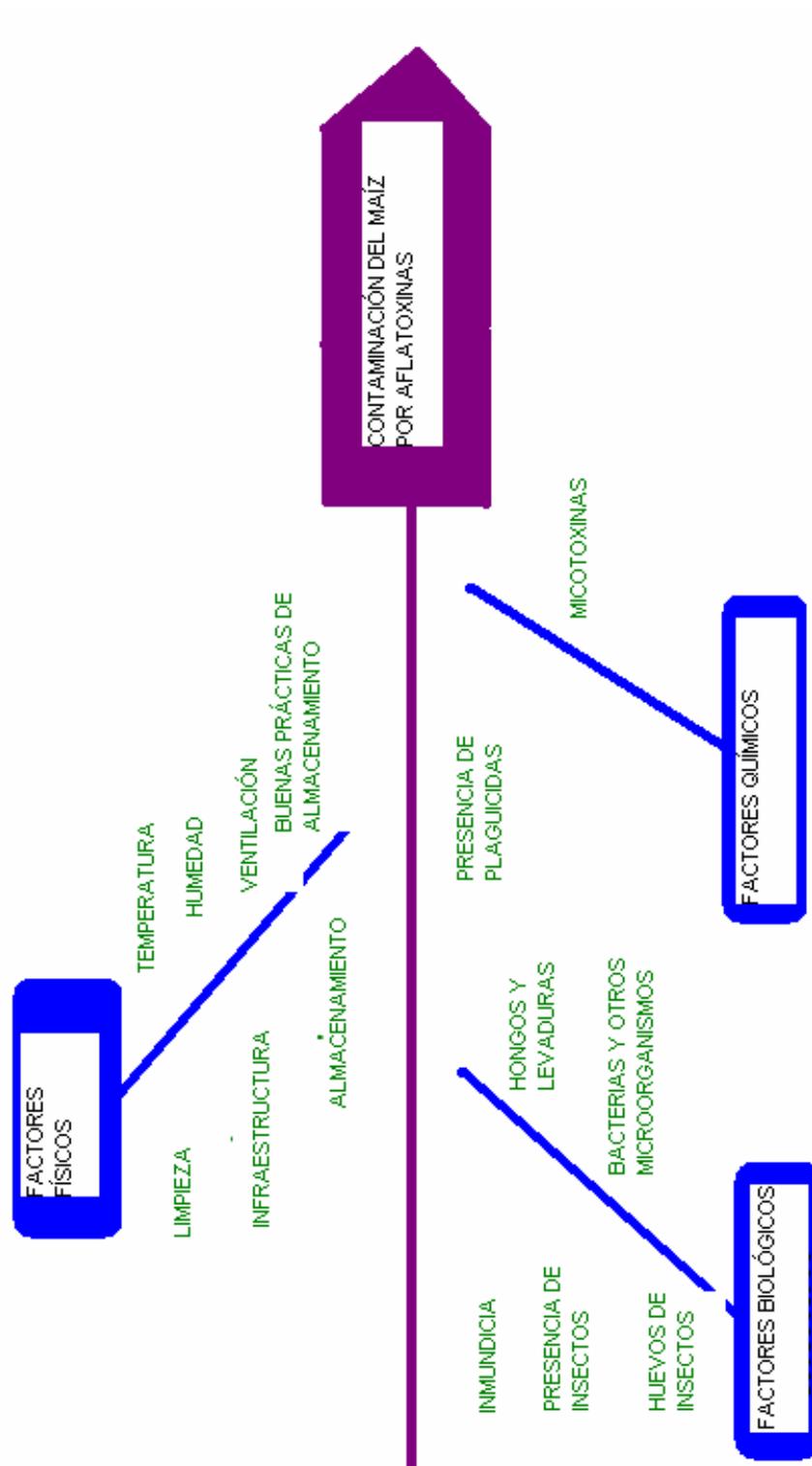
Vigencia: Se debe de actualizar cada 2 años.

\*De acuerdo a sistemas de rotación de sanitizante o bien cambios en la concentración de los mismos según necesidades y comportamiento in situ.

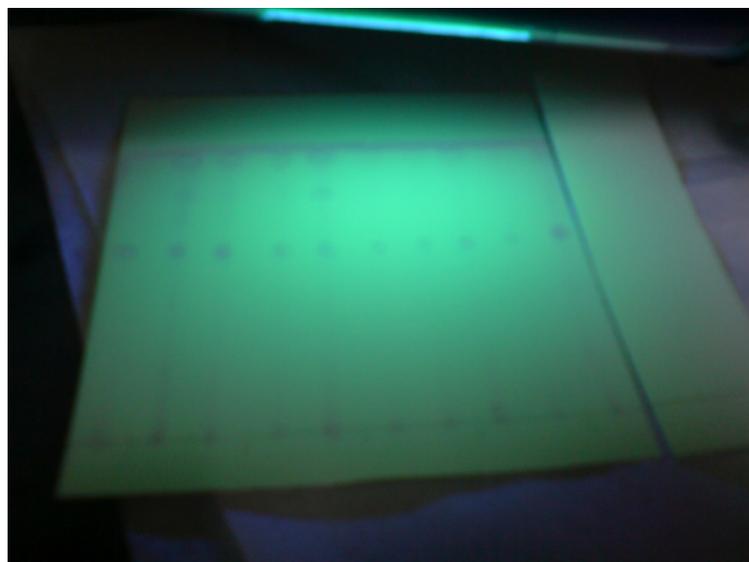
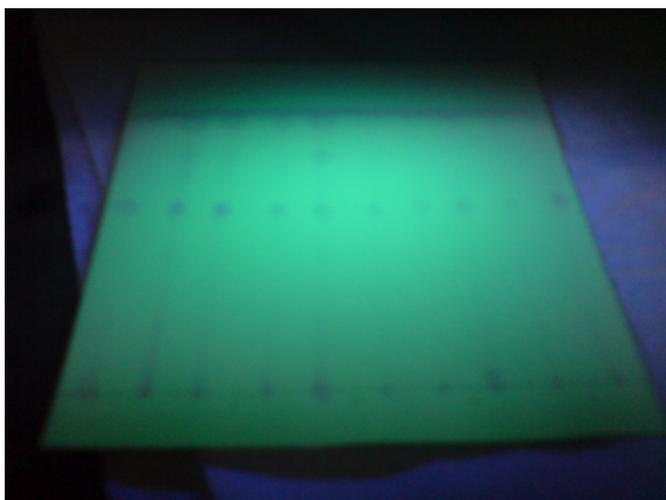




## 13.14 Diagrama de causa-efecto:



**13.15 Fotos del análisis de aflatoxinas en los granos de maíz.**





---

**Br. Luisa Fernanda Salazar Juárez**  
**Autora**

---

**Licda. Julia García Bolaños**  
**Asesora de Tesis**

---

**Licda. Drina de Pineda**  
**Co-Asesora de Tesis**

---

**Lic. Julio Chinchilla**  
**Revisor de Tesis**

---

**Lic. Estuardo Serrano**  
**Director de Escuela**  
**Química Farmacéutica**

