

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA DETECCION DEL PUNTO CRITICO DE
CONTAMINACION DE LA MANIA (*Arachis hipogea* L.) CON AFLATOXINAS
DURANTE EL PROCESO POST COSECHA EN LA ALDEA SHORORAGUA,
CHIQUMULA, CHIQUMULA.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ERICK RAMON LETONA VILLEDA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1998.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr.	JOSE ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr.	JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr.	WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr.	ALEJANDRO A. HERNANDEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO:	Br.	OSCAR JAVIER GUEVARA PINEDA
VOCAL QUINTO:	P. Agr.	EDGAR DANILO JUAREZ QUIM
SECRETARIO:	Ing. Agr.	GUILLERMO E. MENDEZ BETETA

Guatemala, noviembre de 1998.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

De la manera más atenta y de acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo titulado:

ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA DETECCION DEL PUNTO CRITICO DE CONTAMINACION DE LA MANIA (*Arachis hipogea* L.) CON AFLATOXINAS DURANTE EL PROCESO POST COSECHA EN LA ALDEA SHORORAGUA, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

En espera de su aprobación, quedo de ustedes deferentemente,



Erick Ramón Letona Villeda

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS: SUPREMO ARQUITECTO DEL UNIVERSO
- MIS PADRES: Dr. EFRAIN LETONA QUIROA (QEPD)
POR SER EJEMPLO DE HONESTIDAD,
ELVIA VILLEDA LANDAVERRY VDA, DE LETONA
COMO UN RECONOCIMIENTO A SUS MULTIPLES
SACRIFICIOS.
- MI ESPOSA: SHEYLA MARISOL FIGUEROA POR SU AMOR
- MIS HIJOS: KEVIN ALEJANDRO Y ERICK OMAR, QUE ESTA META
ALCANZADA LES SIRVA DE EJEMPLO
- MIS HERMANOS: SERGIO RENE, CESAR AUGUSTO E IVAN ESTUARDO
POR SU APOYO
- MI FAMILIA: EN ESPECIAL A CARMELINA VILLEDA, CARLOS
PINEDA, LIDIA VILLEDA DE PINEDA, RODOLFO
CASTILLO, CONSUELO VILLEDA DE CASTILLO,
THELMA LETONA L. Y FLORIDALMA LETONA L.
- MIS AMIGOS: Ing. Agr. ROBERTO ABSALON LOPEZ, FREDY
BARRIOS, AUGUSTO RECINOS MARTINEZ, ALEXANDER
HERRERA E., Lic. PETER WAGNER, Ing. Agr.
FERNANDO DIAZ URREJOLA, POR SU AMISTAD.

TESIS QUE DEDICO A:

MI PAIS GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y MUY ESPECIALMENTE A LA FACULTAD DE AGRONOMIA POR SER MI CASA DE ESTUDIOS.

MIS ASESORES, Lic. AURA EUGUENIA CANAHUI CARRILLO E Ing. Agr. ROLANDO AGUILERA MEJIA POR SUS VALIOSAS ENSEÑANZAS.

LA INGENIERA MARIT DE CAMPOS, POR SU APOYO E INVALUABLE GUIA DESDE EL INICIO DE ESTE ESTUDIO.

Lic. TERESITA AGUILAR DE MIRANDA Y Lic. ELSA DE REYES POR CONFIANZA Y APOYO.

LABORATORIO UNIFICADO DE CONTROL DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS (LUCAM). MUY ESPECIALMENTE AL PERSONAL DE LOS DEPARTAMENTOS DE MICROBIOLOGIA Y CONTAMINANTES.

LOS PRODUCTORES DE LA ALDEA SHORORAGUA POR SU CONFIANZA Y COLABORACION CON LA PRESENTE INVESTIGACION

INDICE

	Página
	vii
	vii
	viii
1.	1
2.	2
3.	3
3.1	3
3.1.1	3
3.1.2	4
3.1.3	5
3.1.4	6
3.1.5	6
3.1.6	9
3.1.7	11
3.2	12
3.2.1	12
3.2.2	12
3.2.2.a	12
3.2.2.b	13
3.2.2.c	14
3.2.2.d	15
3.2.3	15
3.2.4	16
3.2.4.a	16
3.2.5	16
3.2.6	17
3.2.7	17
3.2.8	18
3.2.9	18
4.	19
5.	20
5.1	20
5.2	21
5.2.1	21
5.2.2	21
5.2.3	22
5.2.4	23
5.2.5	23
5.2.6	24
5.3	24
5.4	24
5.5	25
6.	26
7.	29
8.	30
9.	31
10.	34

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Temperatura media anual en grados centígrados durante 1994, en el municipio de Chiquimula, según datos de la estación "Zapotillo" Chiquimula	13
Figura 2 Temperatura del suelo tomada a 20 cm de profundidad, según información de la estación "Zapotillo", Chiquimula	14
Figura 3 Precipitación y evaporación durante 1994 según datos de la estación "Zapotillo" Chiquimula	15

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Etapas de muestreo y número de repeticiones tomadas en cada una	22
Cuadro 2 Media, error estándar y probabilidad que la concentración de contaminación de una unidad muestral sea mayor de 20 µg/kg en cada momento de muestreo	26

ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA DETECCION DEL PUNTO CRITICO DE
CONTAMINACION DE LA MANIA (*Arachis hipogea L.*) CON AFLATOXINAS
DURANTE EL PROCESO POST COSECHA EN LA ALDEA SHORORAGUA,
CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.

PRELIMINARY STUDY ABOUT THE DETECTION OF THE CRITICAL POINT OF
CONTAMINATION IN PEANUTS (*Arachis hipogea L.*) WITH AFLATOXINS
DURING THE POST HARVEST PROCES IN SHORORAGUA VILLAGE, CHIQUIMULA,
CHIQUIMULA.

RESUMEN

La investigación se realizó a nivel descriptivo para detectar el momento de contaminación de la mania debido a que antecedentes internacionales y nacionales indican la presencia de aflatoxinas en niveles elevados. Se midió la concentración de aflatoxinas en mania, procedente de pequeños productores de la aldea Shororaguá del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. Se evaluó la concentración de aflatoxinas expresadas en microgramos por kilogramo de mania ($\mu\text{g}/\text{kg}$), en cinco momentos de muestreo; a) al cosechar, b) tercer día de secamiento al sol, c) sexto día de secamiento al sol, d) 16 días de almacenamiento y e) 41 días de almacenamiento. La muestra fue la producción de mania de 4 agricultores. En cada momento de muestreo y por cada productor se tomaron cinco unidades muestrales. Por lo tanto en cada momento de muestreo se tomaron 20 muestras al azar, haciendo un total de 100 muestras analizadas.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos (LUCAM) utilizando el método de Romer para la determinación de aflatoxinas, el cual detecta aflatoxinas totales hasta un límite mínimo de 3 µg/kg utilizando cromatografía de minicolumna y cromatografía de capa fina para la cuantificación e identificación de aflatoxinas. Como referencia se utilizó la norma NGO 34047 de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), para maíz y otros granos, la cual indica que el límite máximo permitido en concentración de aflatoxinas en granos destinados para consumo humano es de 20 µg/kg.

De acuerdo con los resultados se concluye que la contaminación de la manía con aflatoxinas sucede en algún momento previo a la cosecha, ya que la media de concentración de aflatoxinas en ésta fue de 805.8 µg/kg, y resultó ser la más alta registrada. También se registró en la cosecha el nivel más alto de contaminación que fue de 6077 µg/kg. La media en todos los momentos de muestreo resultó más alta que el límite de concentración de aflatoxinas permitido por COGUANOR, por lo que se recomienda efectuar otros estudios en la etapa previa a la cosecha con el fin de determinar el medio de contaminación en el campo.

1. INTRODUCCION.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) (34), define las aflatoxinas como sustancias altamente cancerígenas que afectan órganos tales como el hígado y los riñones. Las aflatoxinas son micotoxinas producidas por hongos del género *Aspergillus*, dentro de éste se han identificado como productores de aflatoxinas algunas cepas de las especies *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*.

FAO (22) ha reportado a nivel mundial contaminación en el campo, durante el almacenamiento y la industrialización de una gran diversidad de granos con aflatoxinas. Distintas investigaciones llevadas a cabo en Guatemala por Alanias, Campos, Crespo y de León (1,7,8,11,18), señalan una alta incidencia de contaminación en granos como la manía y el maíz.

La producción de manía en Guatemala en 1993 fue de 1342.66 toneladas, en el municipio de Chiquimula se producen 274.43 toneladas de manía, que representa el 20.4% de la producción nacional (4). Siendo el municipio de Chiquimula un productor importante a nivel nacional en donde la mayoría de la producción es procesada por pequeños y medianos intermediarios los cuales procesan su producto artesanalmente y lo venden en mercados locales (28). Se decidió realizar la investigación en la aldea Shororaguá por ser ésta un importante productor de manía dentro del departamento de Chiquimula (10).

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

El Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) en los años de 1979 a 1989, encontró que de 21 muestras de maní analizadas, el 62% contenían más de 50 µg/kg de aflatoxinas (29).

El Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos (LUCAM) del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, en análisis efectuados como requisito de registro sanitario de alimentos y como parte de programas de control, encontró que de 73 muestras de maní analizadas durante los años de 1976 a 1989, el 75% estaba contaminado. El 27% estaba arriba del límite de 20 µg/kg que ha establecido la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) para granos, tales como el arroz, maíz y maní (29). Además encontró que la maní proveniente del Oriente del país presentaba niveles de contaminación de aflatoxinas más altos que las de la costa Sur.

En la comunidad de Shororaguá, el cultivo más importante es la maní (10). Esta es sometida a un proceso de tostado en comales u otros artefactos diseñados para tal fin (2). Sin embargo, las aflatoxinas son termoestables (19), por lo que aún después de ese proceso pueden estar presentes en el grano, en consecuencia la población está expuesta a consumir maní que puede estar contaminada.

3. MARCO TEORICO

3.1 Marco Conceptual.

3.1.1 Antecedentes.

Según la FAO (23), anualmente a nivel mundial se pierden aproximadamente el 50% de las cosechas debido al ataque combinado de insectos, microorganismos y roedores. Esta realidad se torna crítica en países menos desarrollados en donde además prevalece un clima tropical y subtropical que favorece el desarrollo de insectos y microorganismos por su alta humedad y temperatura. La falta de infraestructura para el almacenamiento de cosechas, afecta en gran medida la capacidad que se tiene en éstas regiones para el almacenamiento adecuado de los productos vegetales.

Así mismo, la FAO (19) afirma que como consecuencia de la escasa oferta de alimentos, la población en algunas regiones no rechaza substancias que puedan servir de alimento aún cuando los hongos o mohos hayan modificado sus características organolépticas. Los factores relacionados con el manejo post cosecha, tales como: el alto contenido de humedad en el grano al ser cosechado; un secado insuficiente; inadecuadas condiciones de almacenamiento; la influencia de los factores climáticos, en especial la temperatura y humedad relativa, han sido señalados como factores que influyen en la contaminación de los granos con aflatoxinas.

Crespo (11) encontró en un estudio sobre contaminación de granos en la costa Sur de Guatemala, que el maíz fue el producto

más susceptible a ser contaminado por aflatoxinas presentando una contaminación máxima de 1650 µg/kg.

Campos y Marzys (7) reportaron que al estudiar 264 muestras de granos de diferentes tipos se detectó la presencia de aflatoxinas en muestras procedentes de zonas calientes y húmedas en un 27% de las muestras; la zona caliente y seca 7% y la zona fría o templada húmeda 2%.

3.1.2 Importancia del cultivo de la manía.

Según Palacios (28) para 1993 existía una demanda insatisfecha de manía para consumo local y exportación de Q 25,212.00. El Banco de Guatemala (2) en un informe sobre manía resalta la importancia de este cultivo debido a la variedad de usos que se puede darse al mismo y a sus derivados. Como alimento humano es muy apetecido por su alto contenido de proteínas, grasas, y minerales. Puede ser consumido en forma natural o transformado en aceite, del cual se puede obtener manteca y margarina. La cáscara y algunos subproductos como la torta se utilizan para alimentar aves y ganado.

En el departamento de Chiquimula la manía se procesa principalmente para consumo humano en forma directa y se prepara en diferentes formas: tostado con cáscara, tostado y salado sin cáscara, con cutícula, tostado y salado sin cutícula, tostado revestido con dulce o azúcar, tostado y salado revestido con harina

y barbacoa y otro gran número de formas. En el municipio de Chiquimula la manía es tostada con cáscara utilizando para tal fin, comales u hornos especiales.

La venta en este municipio se hace a través de intermediarios que lo procesan y lo venden en los mercados de la república. Otra parte se procesa en las industrias empacadoras de manía para golosinas que lo preparan y empaacan de diferentes formas (28).

3.1.3 Hongos productores de micotoxinas.

Como hongos productores de micotoxinas han sido identificados los géneros: *Rizophus*, *Fusarium* y *Alternaria*; y otros géneros tales como *Cephalosporium*, *Myrothecium*, *Trichoderma* y *Stachybotrys* (22). El género de *Aspergillus* con las especies *A. flavus* y *A. parasiticus* han sido identificadas como productoras de aflatoxinas. A nivel de laboratorio se ha observado producción de aflatoxinas por algunas especies de *Penicillium* (34).

En un estudio realizado en maíz, de León (18) encontró que la presencia de *A. flavus* o *A. parasiticus* no necesariamente significa que exista contaminación con aflatoxinas, debido a que no encontró correlación entre producción de aflatoxinas y la presencia de *A. flavus* u *A. parasiticus*. Por otro lado, la ausencia de micelio visible no es garantía de que no exista contaminación con micotoxinas. Esto se debe a que no todas las cepas de *A. flavus* y *A. parasiticus* producen micotoxinas con la misma potencia, sino

que depende de factores tales como: variación geográfica, capacidad productora de la cepa, presencia de nutrientes, temperatura, oxígeno, pH y humedad ambiental que determinan el crecimiento de la cepa y la producción de micotoxina (9).

3.1.4 Patología relacionada con micotoxinas

Las micotoxinas son productos metabólicos producidos por los hongos que atacan a productos alimenticios y que resultan ser tóxicos para el hombre o los animales que los consumen. Esta toxicidad puede ser aguda o crónica, éstos trastornos fisiológicos son llamados micotoxicosis, que en el hombre puede producir síntomas que van desde falta de apetito y sangrado interno hasta hepatitis o cáncer del hígado. Desde hace muchos siglos se conoce el envenenamiento debido al consumo de cereales contaminados con el centeno infectado por el cornezuelo, hongo parásito *Claviceps purpurea*. Las toxinas y los alcaloides producidos por éste hongo se identificaron hace más de cien años y han causado la muerte a muchas personas y animales (34).

No fue sino hasta la década de los años 60, en Inglaterra, que las aflatoxinas se identificaron por primera vez. Durante pocos meses en el año de 1960 las aflatoxinas causaron la muerte de 100,000 pavos pequeños y 14,000 patos pequeños. En 1961 se aisló, en piensos elaborados a base de torta de manía, unas sustancias que fueron llamadas aflatoxinas producidas por el hongo *Aspergillus flavus* que causaban la denominada enfermedad "X" del pavo. Los

diversos compuestos aislados fueron denominados según el color de su fluorescencia a la luz ultravioleta, como aflatoxinas B₁ y B₂ las azules (blue), también G₁ y G₂ a las verdes (green). Dos componentes más que fueron metabolizados por vacas alimentadas con piensos elaborados a base de torta de manía contaminada, se denominaron aflatoxina M₁ y M₂, por su presencia en la leche (milk).

En animales se ha demostrado ampliamente que las aflatoxinas son cancerígenas. El órgano más afectado es el hígado, pero también se han observado carcinomas de riñón, colon y estómago. En algunas regiones de Africa y Asia se ha encontrado una correlación positiva entre la ingestión de aflatoxinas y el aumento de la incidencia del cáncer primario de hígado en seres humanos (34).

3.1.5 Condiciones que favorecen el ataque de hongos.

La humedad se reconoce como un factor crítico; por un lado la humedad relativa del aire que rodea los granos determina las especies que pueden desarrollarse. Las invasiones fungales empiezan en una humedad relativa en equilibrio de 68 a 70%. En cualquier masa de granos que no se encuentre artificialmente aireado, la diferencia de temperaturas entre distintas porciones de grano provoca una migración de humedad. Las bolsas de grano húmedo así formados presentan un medio ideal para el desarrollo de hongos (23).

La influencia de la temperatura es determinante para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas. La temperatura óptima para el ataque de hongos y la producción de micotoxinas en granos está alrededor de los 30 a 32°C. *A. flavus* es uno de los hongos responsables de provocar precalentamiento en granos húmedos almacenados, pudiendo llegar la temperatura de 50 a 55°C, cuando es el hongo predominante; pero cuando otros hongos contaminantes coexisten con él se ha detectado muy poca o ninguna aflatoxina (23).

Se ha demostrado que el límite inferior para el desarrollo de *A. flavus*, y la producción de aflatoxinas en substratos naturales es un contenido de humedad en equilibrio con humedad relativa de aproximadamente el 85%, esto corresponde a una humedad en el grano de maní de 10%. Se ha encontrado que *A. flavus* produce aflatoxinas en un intervalo de temperatura de 12 a 42°C, con un óptimo de 25 a 32°C. Se ha determinado que con una temperatura de 25 a 20°C, se ha producido aflatoxina en 48 horas en maní, arroz o semilla de algodón húmedos (22).

Además de los factores antes mencionados se puede señalar la influencia de otros tales como: luz, oxígeno, pH, daños en el grano producidos por insectos o durante el manejo y falta de limpieza en las bodegas o en el campo. Por ejemplo, se tiene la observación común, de que la invasión de insectos siempre va acompañada de alguna infección fúngal. En muchos casos, la entrada

de los hongos resulta facilitada por los daños causados por nemátodos, ácaros, termitas y otros insectos. Se ha reportado un aumento del 10% al 30% en el enmohecimiento cuando se deja sin control a los insectos en productos como el trigo, frijol rojo, grano de café chicoria y cilantro, y un aumento hasta del 475% en el sorgo (20).

3.1.6 Método de muestreo y determinación de aflatoxinas.

La mayoría de las aflatoxinas tienen una distribución heterogénea, y pueden localizarse solamente en una fracción muy pequeña del lote. La variabilidad del muestreo puede aumentar a medida que aumenta la concentración de aflatoxinas en el lote. Por lo tanto, en lotes que presenten altas concentraciones de contaminación, se espera una variabilidad más alta dentro de las submuestras. Esto es explicable si se recuerda que la contaminación total de un lote puede estar provocado por solo algunos granos dañados (25).

Usualmente el proceso de toma de muestras consta de tres etapas independientes; la primera muestra tomada del lote, la preparación de la muestra y la submuestra de la cual se extrae la aflatoxina. El error estándar del muestreo es la suma de los errores estándar de cada una de las tres etapas de muestreo (24).

Scott (31) recomienda que al muestrear granos se obtenga una muestra compuesta, ésta se divida en cuatro partes iguales,

descartando tres partes y con la restante cuarta parte repetir el procedimiento hasta obtener la muestra del tamaño deseado para el análisis. El anterior procedimiento se puede realizar mediante aparatos diseñados para tal fin como el Polytron que reduce el tamaño de las partículas y las mezcla, o manualmente.

La homogeneización de las muestras es un paso muy importante en análisis de aflatoxinas, pues American Oil Chemists' Society (26), encontró en 13 series de control durante 5 años, que el coeficiente de variación fue de 55% en harinas contaminadas con aflatoxina a una concentración de 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Con el método Romer modificado por Campos et al (7) se pueden detectar aflatoxinas totales (B_1 , B_2 , G_1 y G_2) en granos, nueces y productos vegetales. Detecta cantidades tan pequeñas como 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$. La muestra durante el proceso se debe homogeneizar y moler para proceder a la etapa de extracción de aflatoxinas con acetona-agua (85+15), luego de purificar con otros solventes, el extracto se hace pasar por minicolumna para ser observada bajo luz ultravioleta. Los resultados de estas lecturas pueden ser confirmados mediante cromatografía de capa fina lo que permite identificar y cuantificar las aflatoxinas. Los resultados se expresan en μg de aflatoxina por kg de muestra (24).

3.1.7 Métodos de detoxificación.

Cuando se detectan niveles inaceptables de contaminación, el producto puede ser sometido a un proceso de detoxificación si se considera económicamente útil. Los métodos que actualmente se utilizan se pueden clasificar así: a) separación física del material contaminado, b) eliminación de las micotoxinas y c) inactivación o degradación total de las micotoxinas (20).

Con frecuencia se utiliza el método de dilución que consiste en mezclar un grano contaminado con otro que no lo esté, con el fin de disminuir la concentración de la contaminación de la mezcla resultante. En la clasificación de los inactivadores de micotoxinas se puede mencionar el método químico que es usado generalmente a nivel industrial. Este se basa principalmente en la utilización del amonio para la extracción de aflatoxinas, que son inestables en medios alcalinos. El aceite extraído de maní contaminada, al ser expuesto al sol por una hora, ha quedado descontaminado según observaciones hechas en la India (20). En general el producto de dichos procesos es destinado al consumo animal debido al riesgo que significa destinarlo al consumo humano. Por lo tanto la FAO (21) declara que es mejor tratar de evitar la contaminación en la fuente, y no aplicar medidas correctivas que conllevan altos costos.

3.2 Marco referencial.

3.2.1 Localización del área de trabajo.

La aldea Shororaguá pertenece al municipio de Chiquimula. Está localizada en los márgenes de la quebrada del mismo nombre, dista 6 kilómetros por carretera de terracería de la cabecera municipal. Se ubica a una Longitud Norte de $14^{\circ} 45' 47''$, Latitud Occidental de $89^{\circ} 34' 43''$. Su altitud es de 570 metros sobre el nivel del mar. La topografía es quebrada, con pendientes que oscilan entre el 70 al 80%. La extensión de la aldea es de aproximadamente 4 kilómetros cuadrados (10).

3.2.2 Condiciones climáticas.

3.2.2.a Temperatura.

Según información del Centro Universitario de Oriente (CUNORI) (33) la temperatura promedio anual en el municipio de Chiquimula es de 28.9°C , con un promedio de máximas de 33.4 a 34.2°C , mientras que las mínimas son de 21 a 27°C .

En el año de 1994, se presentó una media anual de 26.3°C , con una temperatura máxima registrada en el mes de abril de 39°C , y una mínima de 19°C , registrada en el mes de diciembre (33).

En los meses durante los cuales el cultivo se desarrolló (junio-noviembre), la temperatura del suelo en grados centígrados

a dos profundidades osciló de 31 a 27°C, a los 20 cm de profundidad; y de 30 a 28°C, a los 50 cm de profundidad (33).

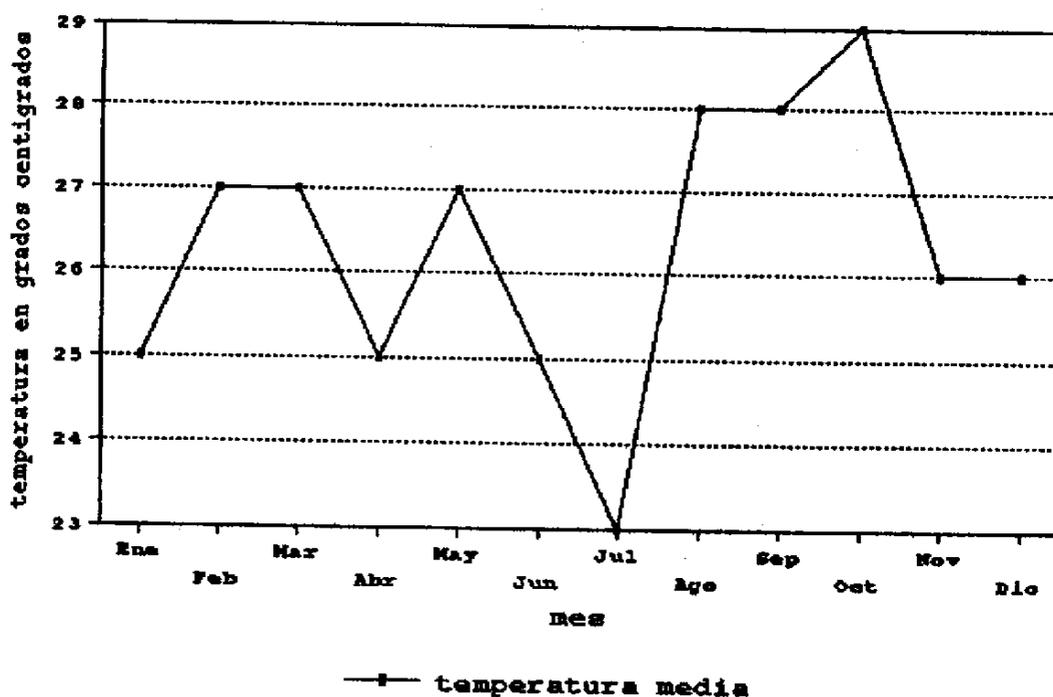


Figura 1 Temperatura media en grados centigrados durante 1994, en el municipio de Chiquimula, según datos de la estación "Zapotillo", Chiquimula.

3.2.2.b Precipitación.

La precipitación en el municipio de Chiquimula oscila entre los 500 y 1000 milímetros anuales con dos épocas bien definidas, la seca y la lluviosa, la primera de noviembre a abril, la lluviosa de mayo a octubre (33).

Durante el año de 1994, fue de 671 mm, distribuidos de mayo a octubre. El mes más lluvioso fue el de mayo con 205 mm de lluvia acumulado mensual, siguiéndole septiembre con 200 mm.

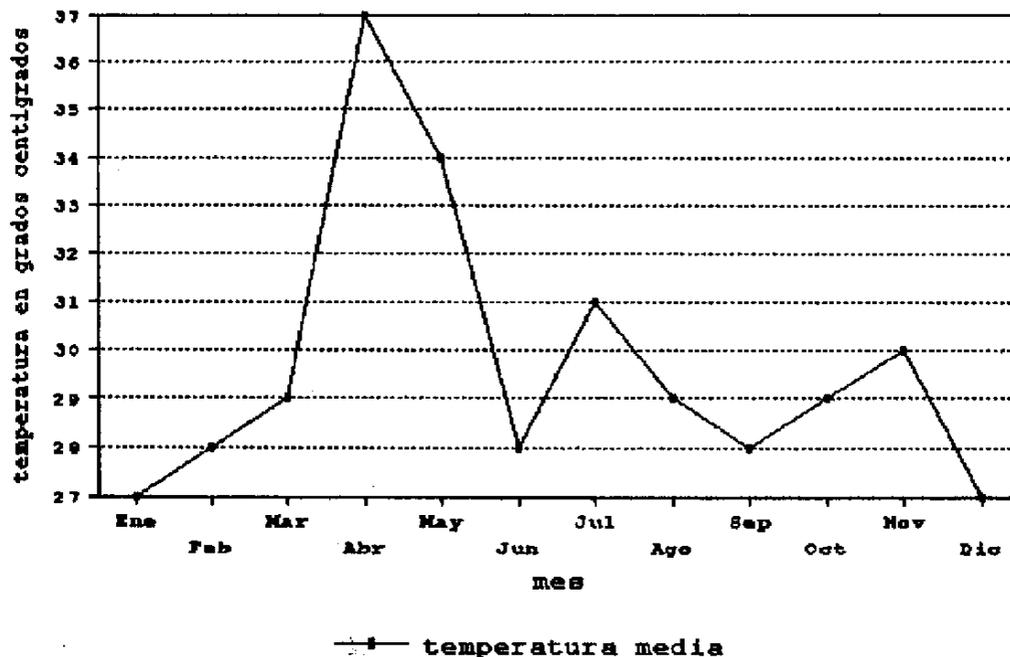


Figura 2 Temperatura del suelo tomada a 20 cm de profundidad según información de la estación "Zapotillo", Chiquimula

3.2.2.c Evaporación.

La evaporación durante el año de 1994 fue de 1219 mm. El mes que más evaporación presentó fue abril con 7.3 mm promedio diario. El mes de menor evaporación fue mayo con 3.6 mm promedio diarios (33).

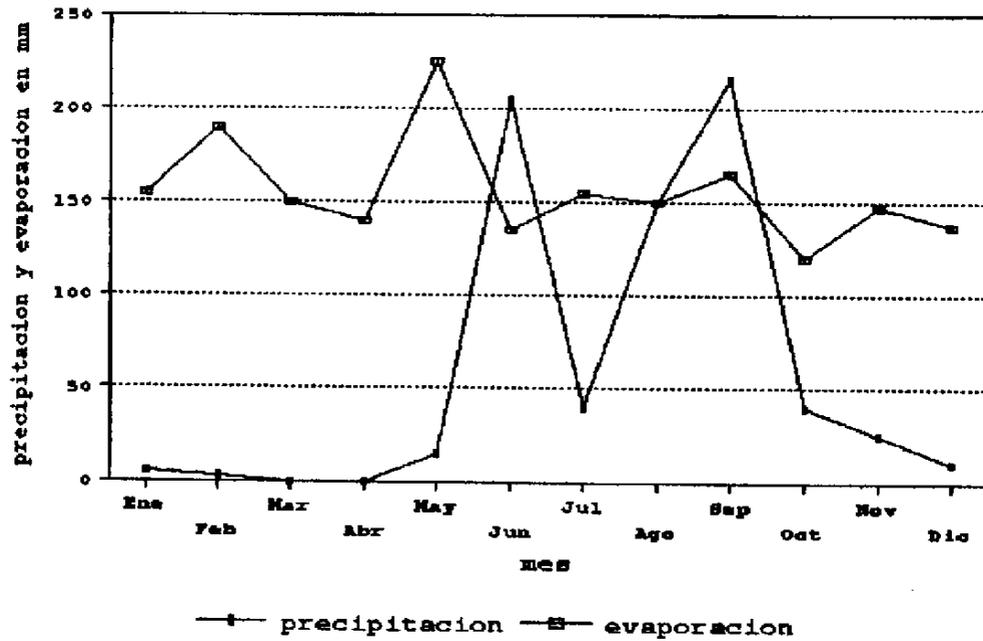


Figura 3 Precipitación y evaporación durante 1994 según datos de la estación "Zapotillo", Chiquimula.

3.2.2.d Humedad Relativa.

La humedad relativa promedio anual es de 66%, con intervalos de 61 a 73% entre la época seca y la lluviosa (33).

3.2.3 Zona de vida.

De la Cruz (12) clasifica la zona de vida como Monte Espinoso Subtropical (me-S). Sus condiciones climáticas son: días claros en la mayor parte del año y escasa precipitación pluvial, que generalmente se presenta en agosto y octubre y es de 400 a 600 mm. anuales. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio 13% mayor a la cantidad de lluvia anual.

3.2.4 Suelos

Según Simmons et al (32) la comunidad posee suelos serie Jigua (Jg). Los suelos Jigua son poco profundos bien drenados desarrollados sobre roca andesítica, en clima cálido húmedo a humedoseco. Ocupan pendientes inclinadas a altitudes medianas en el Sureste de Guatemala, están asociados con la serie Zacapa y Chol, pero se distinguen porque estos últimos se han desarrollado sobre granito y esquisto respectivamente. La cubierta vegetal consiste principalmente en malezas y matorrales, con algo de cactus. La topografía es quebrada en un alto porcentaje, con pendientes que oscilan entre 70 al 80%, los suelos son pedregosos y de textura arenosa. Un 20% del área tiene pendientes del 15% (10).

3.2.4.a Uso actual del suelo.

Se divide de la siguiente forma; 10% bosque, 5% construcción o vivienda y el 85% cultivos anuales (10).

3.2.5 Cultivo de la manía.

El Banco de Guatemala (4,5,6) reporta que el valor en quetzales de la producción nacional de manía cruda para el año de 1993 fue de Q 353,100.00. Para el año 1994 fue de Q 365,700.00; y para 1995 fue de Q 378,300.00. La producción de manía en la aldea de Shororaguá se tiene estimada en 113.4 toneladas.

Ortiz, Fuentes y Ortega (27) definen que un sistema poco tecnificado se emplea en el departamento de Chiquimula. Consiste

fundamentalmente en la preparación de la tierra, la siembra, las labores culturales y de cosecha en forma manual. Esta situación y el hecho que no se utilizan variedades seleccionadas ni otros insumos, determina el bajo rendimiento que se obtiene con este sistema de cultivo. Se calcula una productividad promedio de 1.08 toneladas métricas por hectárea, con una rentabilidad de 31% (28).

El tipo de semilla utilizado por los agricultores del municipio de Chiquimula es el criollo llamado Shusho. El tamaño promedio de las parcelas de cultivo en la aldea Shororaguá es de 0.7 a 2.8 hectárea, muchas veces en asocio con maíz (10).

3.2.6 Cosecha de la manía.

En el área de estudio la cosecha de manía se realiza a los cuatro o cinco meses de la siembra. Se hace en forma manual con ayuda de instrumentos tales como: machete, azadón y piocha (para terrenos duros). La cosecha consiste en el arranque de la planta y despenique del fruto (10).

3.2.7 Secado de la manía.

Esta labor se realiza de una de las siguientes maneras en el área de estudio; a) Secado en el terreno; en este caso luego de haber arrancado las plantas del suelo, éstas se dejan a pleno sol sobre el terreno de 3 a 7 días y posteriormente se despenica en forma manual y b) Secado en patios de cemento, en el cual la manía se despenica después del arranque y se transporta a patios de cemento para su secado durante 4 a 8 días.

3.2.8 Condiciones de almacenamiento.

El producto que se va a almacenar debe condicionarse en un estado estable, de manera que la respiración de las semillas y de los microorganismos asociados se reduzca al mínimo (19).

En el municipio de Chiquimula, el 24% de los agricultores almacenan el producto en habitaciones oscuras, ensacando la manía o a granel en el suelo formando volcanes. Usualmente el almacenamiento puede durar de 2 a 8 meses dependiendo del precio del producto en el mercado. El restante 76% de agricultores proceden a la venta de la manía inmediatamente después del secamiento (27).

3.2.9 Insectos que atacan la manía.

En el campo se reportan insectos del orden de los Coleópteros de la familia *Sacarabidae* y *Curculionidae*. Las larvas de éstos atacan las raíces principales, mientras que los adultos se alimentan de hojas. El orden Isoptera con *Hodotermes massambicus* H. causa grandes estragos escarbando galerías de 5 a 8 mm de diámetro. En el orden Lepidóptera se tiene a *Spodoptera exigua* H. color pardo grisáceo de 38 a 40 mm. Al principio las larvas permanecen agrupadas debajo de las hojas, pero después se ocultan en el suelo durante el día y cometen daño de noche. También se ha reportado el daño causado por Aphidae, Thysanóptera y por nemátodos (14).

4. OBJETIVOS

- 1) Determinar la etapa de manejo post cosecha en la cual la manía, es susceptible a contaminación con aflatoxinas, en la aldea Shororaguá.
- 2) Detectar el nivel máximo de concentración de aflatoxinas que puede alcanzar la manía durante el proceso post cosecha.
- 3) Determinar los rangos de concentración de aflatoxinas.

5. METODOLOGIA

5.1 Tiempo de duración de la determinación.

El tiempo de observación a partir del momento de la cosecha fue de 47 días, distribuidos de la siguiente manera; el primer muestreo fue tomado al momento de la cosecha, el segundo muestreo fue tomado al tercer día de haber comenzado el secado en el campo, el tercer muestreo fue tomado 3 días después. Esto hace un total de 6 días de secado y a partir de éste momento se comienza el almacenamiento. La cuarta muestra se tomó a los 16 días de haber comenzado el almacenamiento, la quinta y última muestra fue tomada 25 días después, haciendo un total de 41 días de almacenamiento. Las fechas de cada muestreo son las siguientes:

- 1) Primer muestreo al momento de la cosecha (18 noviembre de 1994).
- 2) Segundo muestreo tomado en secamiento al los 3 días de haber iniciado éste (21 noviembre).
- 3) Tercer muestreo al sexto día de secamiento y corresponde al principio de almacenamiento (24 de noviembre).
- 4) Cuarto muestreo fue tomado a los 16 días de almacenamiento (11 de diciembre).
- 5) Quinto muestreo fue tomado a los 41 días de almacenamiento (5 de enero de 1995).

5.2 Muestreo

5.2.1 Determinación del tamaño de muestra.

El número de unidades de muestreo a tomar se determinó por medio de la fórmula (13).

$$n = \frac{Z^2 pq}{d^2}$$

donde:

- n = número de unidades de muestreo
- Z = Valor crítico correspondiente a un coeficiente de confianza
- p = probabilidad de ocurrencia de contaminación
- q = probabilidad de no ocurrencia de contaminación
- d = amplitud del intervalo

Con nivel de confianza de 95%, una precisión de 0.1 y asumiendo una probabilidad de contaminación de la manía en un 50% de las unidades de muestreo, se obtienen 100 unidades de muestreo que se dividieron en cinco momentos de muestreo.

5.2.2 Selección de sitios de muestreo

En un diagnóstico efectuado en la aldea de Shororaguá por Chacón (10), se determinó que existen 224 agricultores que se dedican al cultivo de la manía; de ellos solamente 53, que corresponde al 24%, almacenan su producción.

5.2.3 Momentos de muestreo

Se tomó en cada momento de muestreo y en cada uno de los lotes de manía de los cuatro sitios de muestreo, cinco unidades muestrales, lo que hace un total de 100 unidades muestrales.

Cuadro 1 Etapas de muestreo y número de repeticiones tomadas en cada una.

Etapas de muestreo	Unidades de muestreo
Cosecha (al momento de efectuarse ésta)	5
Primer secamiento: los primeros 3 días de secado en los patios	5
Segundo secamiento y momento de almacenamiento a los 6 días de haber comenzado el secamiento	5
Primer almacenamiento: a los 16 días de haber comenzado el almacenamiento	5
Segundo almacenamiento a los 41 días de haber comenzado éste	5
Total de unidades de muestreo por cada sitio de muestreo	25

Los sitios de muestreo fueron elegidos al azar dentro de los 53 agricultores que almacenan la cosecha. Los lotes que fueron muestreados se identifican como: sitio 1, sitio 2, sitio 3 y sitio 4.

5.2.4 Sistema de muestreo empleado

En cada lote muestreado en el estudio, en cada momento de muestreo y en cada repetición se tomaron unidades muestrales al azar de 11.3 kilogramos de manía en cáscara. Esto equivale a un muestreo de 56.5 kilogramos de grano muestreado por cada momento y por cada sitio de muestreo. En cada uno de los cinco momentos de muestreo se tomaron 226 kilogramos. Cada productor tiene una producción de 2000 kilogramos promedio. Se tomo el 2.8% del total de la cosecha en cada momento evaluado.

La unidad muestral de 11.3 kilogramos se colocó en una superficie plana se dividió en cuatro partes iguales, se descartaron tres cuartas partes, repitiendo el proceso una vez más hasta obtener una muestra final de 0.68 kilogramos, que fue llevada al laboratorio para el respectivo análisis.

5.2.5 Manejo de las muestras.

Todas las unidades muestrales fueron tomadas directamente de los lotes, tanto las correspondientes a las de campo, como las de patios y bodegas. Estas fueron llevadas directamente al laboratorio para su descascarado, y posterior análisis. Se guardaron en bolsas de plástico de 2.26 kilogramos y se procedió a congelarlas a -20°C .

5.2.6 Análisis de las unidades muestrales

Las unidades muestrales obtenidas entre noviembre de 1994 y enero de 1995 fueron analizadas en el Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos (LUCAM), mediante el método

Romer (24), el cual se detalla en el anexo 1.

5.3 Variable de respuesta

La variable de respuesta fue la concentración total de aflatoxinas en microgramos por kilogramo de muestra ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

5.4 Descripción estadística

Los resultados obtenidos de los respectivos análisis del laboratorio fueron analizados a través de estadística descriptiva (17).

Obteniendo la media y el error estándar en cada momento de muestreo, y tomando como límite la norma COGUANOR de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de muestra (NGO 34047) se hizo uso de la distribución normal para calcular la probabilidad de encontrar una observación con una concentración de aflatoxinas mayor de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en cada momento de muestreo, usando la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

donde:

Z = estadístico de prueba

\bar{X} = media muestral

μ_0 = media de prueba

S = desviación estándar
 \sqrt{n} = raíz cuadrada de número de unidades muestrales

5.5 Método de interpretación de resultados.

La variable de contenido de aflatoxinas ($\mu\text{g}/\text{kg}$ muestra) fue evaluado en todos los momentos del muestreo. Se tomó como criterio el límite fijado por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), para granos (NGO 34047) de $20 \mu\text{g}/\text{kg}$, considerándose que arriba de ésta concentración la manía no debe ser destinada para consumo humano.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

La información referente a la concentración de aflatoxinas a través de los diferentes momentos de muestreo se presenta en el anexo 2. La concentración de aflatoxinas reportadas en dicho cuadro fue obtenida mediante la confirmación de los resultados por medio de la cromatografía de capa fina, y es la sumatoria total de aflatoxinas encontradas.

El cuadro 2 contiene la información de cada uno de los momentos de muestreo, su media, error estándar y la respectiva probabilidad de encontrar una observación con una concentración de aflatoxinas mayor de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de muestra. En el anexo 3 se presenta algunos cálculos.

Cuadro 2 Media, error estándar y probabilidad que la concentración de contaminación de una unidad muestral sea mayor de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en cada momento de muestreo.

Momento de muestreo	Media $\mu\text{g}/\text{kg}$	Error estándar	Probabilidad de ocurrencia mayor de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Cosecha	805.80	336.00	0.70
Primer secado	126.15	61.93	0.65
Segundo secado	43.65	30.38	0.57
Primer almacenamiento	63.35	39.28	0.60
Segundo almacenamiento	160.35	71.07	0.68

Como se puede observar en el cuadro 2, el nivel de concentración de aflatoxinas en todos los momentos de muestreo resulto ser más alto que el límite permitido por las normas COGUANOR de 20 µg/kg de muestra, según las medias obtenidas.

La probabilidad de encontrar maní con niveles mayores de 20 µg/kg va de 57 a 70%, lo cual indica que las probabilidades de contaminación son altas, según el manejo post cosecha tradicional realizado en la aldea Shororaguá.

El momento de la cosecha presentó una media de 805.8 µg/kg de maní y fue el más alto de todos; 785.8 µg/kg más alto que el límite establecido por COGUANOR. Lo anterior es un indicador de que condiciones tales como temperatura, humedad, presencia de plagas y características varietales de la planta, están favoreciendo la contaminación del grano en el campo.

Los reportes de temperatura del suelo tomados en la estación "Zapotillo" del Centro Universitario de Oriente (CUNORI) de Chiquimula (33), registraron en los meses de junio a noviembre de 1994 (tiempo de desarrollo del cultivo), que a 20 centímetros de profundidad la temperatura fue de 24.5 °C, y la precipitación fue de 26 milímetros promedio en los mismos meses. Las temperaturas óptimas que ha reportado OMS (34), para la producción de aflatoxinas son de 24 a 30 grados centígrados; los datos tomados en el campo están dentro de éste rango por lo que las condiciones de temperatura fueron favorables para la producción de aflatoxinas.

También se ha observado que las condiciones de sequía tal como se presentaron en la zona de estudio favorecen el ataque de hongos productores de estas sustancias (20).

En el cuadro 2, se observa que una muestra tomada en el momento de la cosecha, mostró un nivel de contaminación de 6077 µg/kg de maní, lo cual es el valor más alto de aflatoxinas en maní cruda reportada y publicada a la fecha a nivel nacional.

Los momentos posteriores de muestreo presentaron niveles descendentes de contaminación. Este comportamiento es similar al encontrado por Taniwaki y Fonseca (30), en estudios *in vitro*, en los cuales midieron la concentración de aflatoxinas a través del tiempo. La disminución en la concentración de aflatoxinas se puede deber al agotamiento de los nutrientes, a limitaciones en el espacio físico, que puede provocar competencia entre cepas de hongos productoras y no productoras de aflatoxinas.

7. CONCLUSIONES

1. La mayor concentración de contaminación con aflatoxinas encontrada en el manejo post cosecha de la manía en la aldea Shororaguá, fue el momento de cosecha, con una media de 805.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$.
2. Los restantes momentos de muestreo durante el secamiento y almacenamiento tuvieron una media de 98 $\mu\text{g}/\text{kg}$, es decir 78 $\mu\text{g}/\text{kg}$ más alto que el límite establecido por la norma NGO 34047 de COGUANOR.
3. La probabilidad de ocurrencia de contaminación a niveles mayores de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en la manía a través del proceso post cosecha tradicional, tal como lo realizan los agricultores de la aldea Shororaguá es de 57 a 70%, y el rango de contaminación con aflatoxinas es de, menor de 3 a 6,077 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

7. RECOMENDACIONES

1. Con el fin de determinar la fuente de la contaminación, realizar estudios de suelo y planta antes de la cosecha para establecer el nivel de *A. flavus* y *A. parasiticus*, como agentes causantes de la contaminación con aflatoxinas.
2. Debido al alto riesgo de contaminación de la manía, hacer estudios en otras zonas productoras.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALANIAS, M.G. 1984. Efecto de tratamientos alcalinos para la inactivación de aflatoxinas sobre el valor nutricional de maíz fungoso y evaluación biológica de maíz dañado por insectos. Tesis Biólogo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 44 p.
2. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. 1979. El maíz situación nacional e internacional. Informe Económico (Gua.) no. 1:39-42.
3. ----- . 1987. Situación actual y perspectivas de la industria del aceite comestible de origen vegetal. Informe Económico (Gua.) no. 1:22-23.
4. ----- . 1994. Memoria de labores del Banco de Guatemala 1993. Informe Económico (Gua.) no. 3:1-36.
5. ----- . 1995. Memoria de labores del Banco de Guatemala 1994. Informe Económico (Gua.) no. 3:1-28.
6. ----- . 1996. Memoria de labores del Banco de Guatemala 1995. Informe Económico (Gua.) no. 3:1-32.
7. CAMPOS, M. DE; OLSZYNA-MARZYS, A.E. 1979. Aflatoxin contamination in grain products during the dry season in Guatemala. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 22:350-356.
8. ----- . 1984. Micotoxinas en granos. Presentado en: Seminario Taller Sobre Pérdidas Post Cosecha de Granos Básicos y Otros Productos Agrícolas (1984, Guatemala). Guatemala, OPS/LUCAM. 17 p.
9. ----- . 1991. Condiciones que favorecen el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas. Presentado en: Taller Conjunto FAO/OPS (1991, San José, Costa Rica). Costa Rica, FAO/OPS. 11 p.
10. CHACON PEREZ, J.J. 1992. Diagnóstico general de la aldea Shororaguá, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. Diagnóstico EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 27 p.
11. CRESPO, S.J. 1979. Incidencia de la contaminación de aflatoxinas en granos de la costa Sur oriental de Guatemala. Tesis de Químico Farmacéutico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 42 p.

12. CRUZ, J.R., DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
13. DANIEL, W. 1987. Bioestadística. México, Limusa. p. 235-239.
14. GILLIER, P. 1970. El cacahuete. Trad. por Esteban Rimbau. Barcelona, España, Blume. 281 p.
15. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. 1992. Recopilación de estadística agropecuarias período 1980-1991. Guatemala. 44 p.
16. HEREDIA CASTRO, G.; TUCHEZ, O.J.; DIAZ M., M.R. 1989. Generación de tecnología apropiada para el cultivo del maní (*Arachis hypogea* L.). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General del Investigación. Cuaderno de Investigación no. 10-88:15-16.
17. KAZMIER, L.; DIAZ MATA, A. 1993. Estadística aplicada a la administración y a la economía. México, Mc Graw-Hill. p. 406-407.
18. LEON HIGUEROS, G. DE. 1985. Aislamiento de *Aspergillus* y determinación de aflatoxinas en maíz. Tesis de Biólogo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 32 p.
19. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1977. Conferencia mixta FAO/OMS/PNUMA, sobre micotoxinas. Roma, Italia. v. 2, p. 9-15.
20. -----. 1979. Prácticas recomendadas para la prevención de las micotoxinas en los alimentos, los piensos y sus derivados. Roma, Italia. v. 10, 59 p.
21. -----. 1982. Mycotoxin surveillance. Roma, Italia. v. 22, 68 p.
22. -----. 1982. Perspectiva sobre micotoxinas. Roma, Italia. v. 13, p. 12-19.
23. -----. 1984. Post-harvest losses in quality of food grains. Roma, Italia. v. 29, 103 p.
24. -----. 1990. Training in mycotoxins analysis. Roma, Italia. v. 14, 113 p.
25. -----. 1993. Sampling plans for aflatoxin analysis in peanuts and corn. Roma, Italia. v. 55, p. 10-35.

26. -----; ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. 1985. Límites bajos para contaminantes. En: Reunión del Comité del CODEX sobre Aditivos Alimentarios (18., 1985, La Haya, Holanda). La Haya, Holanda. p. 3.
27. ORTIZ C., L.H.; FUENTES, G.; ORTEGA A., L. 1983. Determinación del nivel tecnológico empleado en el cultivo de maní (*Arachis hipogea L.*), en el municipio de Chiquimula. Chiquimula, Guatemala, Centro Universitario de Oriente. 67 p.
28. PALACIOS GUITERREZ, G.D. 1990. Producción, costos de operación y proyección de estados financieros (cultivo de maní), municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. Informe de EPS. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 84 p.
29. TALLER DE micotoxinas (1989, Guatemala). 1992. Memorias. Guatemala, Red Guatemalteca de Micotoxinas. p. 30, 70.
30. TANIWAKI, M.; FONSECA, H.; PIZZIRANI-KLEINER, A.A. 1993. Variabilidade de produção de aflatoxinas por linhagens de *Aspergillus flavus* em diferentes tempos de manutenção. Sc. Agric. Piracicaba. 50(1):140-150.
31. SCOTT, P.M. 1995. Official methods of analysis. 51 ed. Philadelphia, USA, Association of Official Analytical Chemists. p. 49-2.
32. SIMMONS, C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra. p. 380-381.
33. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE. Hojas de registro meteorológico de la estación de la finca El Zapotillo, Chiquimula.

Sin publicar.
34. WORLD HEALTH ORGANIZATION (Italia). 1979. Environmental health criteria; micotoxins. Geneva, Italia. p. 11-85.

V. B. Rolando Barnes



ANEXOS

ANEXO 1

Método Romer de determinación de Aflatoxinas

En la preparación de la muestra, se procede a la extracción de 50 g de muestra con 250 ml de acetona/agua (85 + 15) procediendo a su homogeneización.

En la purificación se procede a mezclar en un beaker 170 ml de NaOH al 0.2 N y 30 ml de solución de FeCl_3 y se mezcla bien. Se purifica a través de varios solventes, hasta obtener una solución de la cual una alícuota de 2 ml de cloroformo equivale a 2 g de la muestra.

En la preparación de la muestra para cromatografía en columna se pasan 2 ml de extracto de cloroformo a una minicolumna recientemente preparada o reactivada al horno a 110 °C, usando una jeringa de 5 ml. Se agregan 3 ml de cloroformo acetona (9 + 1) y se deja que el solvente avance. Las columnas se deben examinar inmediatamente bajo luz ultravioleta de 365 nanómetros de espectro. Se compara con un blanco en el cual en vez de utilizar el extracto, se utilizan 2 ml de CHCl_3 puro. Se utiliza un estándar de aflatoxina B_1 de concentración adecuada, el cual se pasa a través de la minicolumna y se sigue el proceso como para la muestra. La cantidad de estándar en la minicolumna equivale a 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de muestra. En la lectura de las minicolumnas en el cuarto oscuro bajo luz ultravioleta o en cámara de luz ultravioleta, se estima la cantidad de aflatoxinas en la muestra comparando con la columna del estándar. El blanco no fluoresce; algunas muestras dan una fluorescencia blanca, amarilla o café pero esto no indica presencia de aflatoxinas. En la etapa de confirmación se pasan 4 ml de cloroformo a un embudo de separación de 125 ml, se descarta toda traza con CHCl_3 . A través de una serie de purificaciones sucesivas se llega a obtener un extracto puro, del cual podemos hacer la cuantificación a través de cromatografía de capa fina o cromatografía de alta presión (HPLC). En el caso de la cromatografía de capa fina se siembra la muestra junto con estándares de varias concentraciones conocidas. Se desarrolla la placa procediendo luego a la estimación de la intensidad, lo cual se hace recurriendo a la observación de la placa bajo luz ultravioleta de onda larga. Si se dispone de un densitómetro la intensidad se lee mediante ese instrumento. El resultado se reporta como aflatoxinas totales, que es igual a la suma de las aflatoxinas individuales. Las cuatro aflatoxinas no están necesariamente presentes al mismo tiempo. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de muestra.

ANEXO 2

Niveles de contaminación en cada momento de muestreo expresado en $\mu\text{g}/\text{kg}$

Momentos de toma de muestra	Sitio 1					Sitio 2					Sitio 3					Sitio 4					Media	Porcentaje de muestras mayor de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Cosecha	865	4	1121	nd	6077	nd	nd	6	667	80	458	104	3812	760	230	592	5	518	120	697	805.8	70
Primer Secado	nd	797	7	781	239	nd	nd	11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	688	126.15	20
Segundo Secado	nd	77	nd	nd	580	nd	nd	nd	nd	nd	216	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	43.65	15
Primer Almacenamiento	742	nd	230	nd	nd	nd	nd	nd	31	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	249	15	63.35	20
Segundo Almacenamiento	nd	nd	nd	271	1303	515	523	nd	251	6	96	nd	16	nd	nd	nd	nd	226	nd	nd	160.35	35

*nd = no detectado (menor de 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$)

Anexo 3

Valor "Z" y estimación del área afuera del límite de 20 µg/kg

Momento de Muestreo	Media	Dev. estándar	Valor "Z"	Area fuera Límite
Cosecha	805.8	1502.65	-0.5229	0.3005071
Primer secado	126.15	276.9694	-0.3832	0.3507652
Segundo secado	43.65	135.8944	-0.174	0.4308201
Primer almacenamiento	63.35	175.6772	-0.2467	0.4025473
Segundo almacenamiento	160.35	317.8337	-0.4416	0.3293954



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 AGRONOMICAS

Ref. Sem.035-98

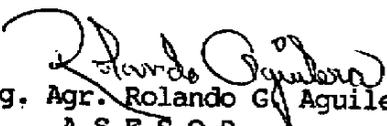
LA TESIS TITULADA: "ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA DETECCION DEL PUNTO CRITICO DE CONTAMINACION DE LA MANIA (Arachis hipogea L.) CON AFLATOXINAS DURANTE EL PROCESO POST-COSECHA EN LA ALDEA SHORORAGUA CHIQUIMULA, CHIQUIMULA".

DESARROLLADA POR EL ESTUANTE: ERICK RAMON LETONA VILLEDA

CARNET No: 8314311

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela
 Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


 Ing. Agr. Rolando G. Aguilera Mejía
 ASESOR


 Licda. Aura Eugenia Canahui Carrillo
 ASESORA


 Ing. Agr. Fernando Rodríguez Barro
 DIRECTOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

 PRIMASE


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DECANO


cc:Control Académico
 Archivo
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770