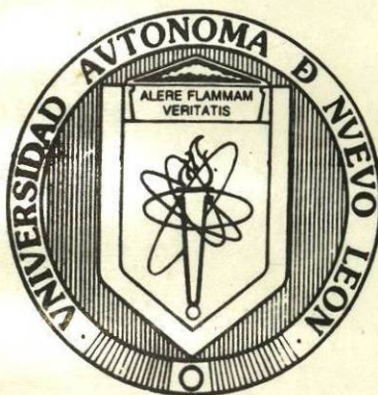


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**LAS AFLATOXINAS EN MAIZ Y SU INCIDENCIA EN EL  
AREA DE RIEGO DEL NORTE DE TAMAULIPAS**

**OPCION III C**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**PRESENTA**

**HOMERO VILLARREAL MOLINA**

**MARIN, N.L.**

**DICIEMBRE 1992**

T  
SB608  
.M2  
V55  
C.1



1080063835

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA**



***LAS AFLATOXINAS EN MAIZ Y SU INCIDENCIA EN EL  
AREA DE RIEGO DEL NORTE DE TAMAULIPAS***

***OPCION III C***

***QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA***

***PRESENTA***

***HOMERO VILLARREAL MOLINA***

**MARIN, N.L.**

**DICIEMBRE 1992**

**011242**



T  
SB608  
•M2  
V55

040.633  
FA9  
1992  
C.5



Pa tesis




**LAS AFLATOXINAS EN MAIZ Y SU INCIDENCIA EN EL AREA DE  
RIEGO DEL NORTE DE TAMAULIPAS**

**SEMINARIO QUE PRESENTA  
HOMERO VILLARREAL MOLINA**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**COMISION REVISORA**

  
\_\_\_\_\_  
**Ph.D. José Luis de la Garza G.**  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Carlos S. Longoria Garza**  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Raúl P. Salazar Sáenz**  
Vocal

## A G R A D E C I M I E N T O S

**A MIS PADRES:**

Homero Villarreal Pérez

Ma. del Carmen Molina M. de Villarreal

Por su ilimitado apoyo y sacrificio para que tuviese la oportunidad de estudiar, por creer en mí.

**A MI ESCUELA:**

Facultad de Agronomía

Maestros y compañeros

Ya que fueron una parte muy significativa en mi carrera y en mis metas.

**A MIS ASESORES:**

PhD. José Luis de la Garza González

Ing. Carlos S. Longoria Garza

Ing. Raúl P. Salazar Sáenz

Biól. J. Rodolfo Girón Calderón

Sus aportaciones fueron de gran aprecio en este seminario.

**A MI ESPOSA Y MIS HIJOS:**

Ma. Victorina Palacios P.

Seilah Mariel y Homero M.

Sinal Villarreal Palacios

Familia mía: su colaboración, comprensión y paciencia, las considero de alta estima para que este trabajo saliese adelante.

**A mi Señor, Cristo-Jesús**

... sé que continuarás siendo el Guía y mi Fuerza para vencer todos los retos de mi Cuarto Día.... Gloria ... amén.

**A TODAS LAS PERSONAS:**

Que contribuyeron directa o indirectamente en la total realización de esta pequeña obra.....

## D E D I C A T O R I A

**A MIS PADRES:**

Creo imposible expresar con  
palabras mi sentir. ¡ Gracias  
por ser mis padres !  
¡¡ Los amo !!

**A MI ESPOSA:**

Siempre tuyo. ¡¡ Te Adoro.  
amor mío !!.

**A MIS HIJOS:**

El amor y la verdad, son la  
base de la felicidad.

**A MIS HERMANOS:**

Nereyda, Ma. del Carmen, Mireya  
Noemí, Magda Ilsa, Noemí, Jorge  
Humberto y Gerardo Derlis.  
¡¡ Les amo y respeto !!

**A LA MEMORIA DE  
DOS SERES MUY  
QUERIDOS:**

Mi Hermano Miguel Angel:  
En paz descanses hermano.  
Te recuerdo, hoy lo digo.  
  
Ya lo sé, tu estás conmigo.  
Siento tu abrazo y tu mano....

Mi abuelo, Prof. Servando M.  
Molina:

... Aprendí mucho de él fuera de  
las aulas, lo admiré por su ca-  
lidad humana.



## I N D I C E G E N E R A L

## PROLOGO

	PAG.
Página Laminar.....	i
Página de Aprobación.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Indice General.....	v
Relación de Cuadros y Figuras.....	vii

## CONTENIDO

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCION.....	2
3. MARCO DE REFERENCIA.....	4
3.1. Descripción del Area.....	4
3.2. Localización Geográfica.....	4
3.3. Clima.....	6
3.4. Suelos.....	8
3.5. Historia de los Cultivos.....	8
4. METODOLOGIA Y DESARROLLO.....	10
4.1. Generalidades sobre las Aflatoxinas.....	10
4.1.1. Hongos.....	10
4.1.2. Ubicación Sistemática de los Hongos.....	11

4.1.3. Hongos del Género <u>Aspergillus</u> .....	12
4.1.4. Aflatoxinas.....	14
4.1.5. Antecedentes Históricos.....	17
4.1.6. Micotoxicosis.....	18
4.1.7. Niveles de Aflatoxinas.....	20
4.1.8. Factores que favorecen la producción de Aflatoxinas.....	21
4.2. Detección y Cuantificación de Aflatoxinas.....	25
4.2.1. Métodos no Analíticos.....	27
4.2.2. Métodos Analíticos.....	27
4.3. La Incidencia de Aflatoxinas en el Norte de Tamaulipas.....	32
4.3.1. Estudios en Relación a las Aflatoxinas.....	33
4.3.2. Factores Climáticos en Cd. Río Bravo, Tamaulipas.....	40
4.3.3. Modificaciones al Paquete Tecnológico.....	42
4.3.4. Análisis Físico-Químico del Maíz.....	43
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
6. BIBLIOGRAFIA.....	47
APENDICE.....	54

## RELACION DE CUADROS Y FIGURAS

PAG.

CUADRO No.	DESCRIPCION	
1	Daño por plagas y enfermedades de mazorca en maíz del área de riego en el norte de Tamaulipas, 1989.....	35
2	Daño por plagas y enfermedades en maíz del área de riego en el norte de Tamaulipas, 1990.....	37
3	Relación de fechas de siembra y grano dañado en el área de riego del norte de Tamaulipas, 1991.....	36
4	Nivel de aflatoxinas de maíz dentro y fuera del paquete tecnológico en el área de riego del norte de Tamaulipas, 1991.....	36
5	Relación entre fecha de siembra y nivel de aflatoxinas en maíz del área de riego en el norte de Tamaulipas, 1991.....	39

## EN APENDICE

CUADRO No.	DESCRIPCION	
1A	Superficie y rendimiento de maíz y sorgo en el área de riego en Tamaulipas Norte de 1972 a 1991.....	55
2A	Superficie sembrada y rendimientos medios en los -- principales cultivos en el distrito de riego D25, - de 1988 a 1992.....	56
3A	Propiedades físico-químicas de las principales ---- Aflatoxinas.....	57
4A	Niveles permisibles de Aflatoxinas de maíz en los - Estados Unidos (FDA), según su uso.....	58
5A	Relación de fecha de siembra y rendimientos de maíz en el área de riego del Norte de Tamaulipas, muni-- cipio de Río Bravo, ciclo agrícola 0-I-1989-1990...	58



FIGURA No.	DESCRIPCION	
1	Distrito de riego 025 "Bajo Río Bravo" y 026 "Bajo-- Río San Juan".....	5
EN APENDICE		
FIGURA No.		
1A	Localización geográfica del área Norte del Estado -- de Tamaulipas.....	59
2A	Isoyetas e isotermas en el área Norte del Estado de-- Tamaulipas.....	60
3A	Síntesis general de la ubicación sistemática de los-- hongos del género <u>Aspergillus</u> .....	61
4A	Estructura molecular de las Aflatoxinas.....	62
5A	Representación gráfica de la temperatura en los años 1990 y 1991 en Río Bravo, Tams.....	63
6A	Representación gráfica de la humedad relativa de los años 1989, 1990 y 1991, en Río Bravo, Tamps.....	64

7A	Representación gráfica de la precipitación en los -- años 1989, 1990 y 1991 en Río Bravo, Tamps.....	65
8A	Representación gráfica de la precipitación acumulada decenal, de los años 1991 y 1992 en Río Bravo, ----- Tamps.....	66
9A	Representación gráfica comparativa de las temperaturas de los años 1991 y 1992 en Río Bravo, Tamps.....	67

## R E S U M E N

Las aflatoxinas son producidas únicamente por los hongos Aspergillus flavus Link y Aspergillus parasiticus Speare. En maíz, aparentemente es más común A. flavus.

Estas micotoxinas son un serio problema para la salud humana y animal; son los agentes causales más potentes de cáncer en el hígado.

Los productos de alto riesgo de contaminación son: cacahuete, nuez, semilla de algodón, copra y maíz.

En un principio, los hongos del género Aspergillus eran considerados como de almacén. Posteriormente se ha comprobado su presencia en campo y más recientemente se ha encontrado que es sistémico en maíz.

En 1989 y 1990 la producción maicera de Tamaulipas Norte, se vió afectada casi en su totalidad. Altas temperaturas ambientales en floración y humedad relativa mayor al 85%, aunados a la sequía, propiciaron la incidencia sin precedente de plagas y enfermedades de la mazorca.

## I N T R O D U C C I O N

La región Norte del Estado de Tamaulipas era monocultora de algodouero hacia los años 1940-1960, y por problemas fitosanitarios y de mercadeo hubo de cambiar de cultivo. Se transforma en productora de gramíneas con la siembra hasta un 95% de su área con los cultivos maíz y sorgo, porcentaje que se mantiene hasta fines de la década de los 80 y empieza a disminuir en 1990.

El monocultivo ha traído las lógicas consecuencias de mayor incidencia de plagas, malezas y enfermedades que se han adaptado cada vez mejor al ambiente ecológico y por selección natural, cada vez son más resistentes a las aplicaciones de pesticidas utilizados para su prevención o combate.

Las enfermedades siempre han sido un factor limitante en la producción de los distintos cultivos y en "maíz", como alimento básico en la dieta del país, es de mayor interés e importancia.

Por lo general el sentir del productor de la región, era no considerar a las enfermedades como problema, pues los antecedentes en sí, indicaban que no representaban peligro; sólo había casos aislados de pudriciones de mazorca, algunos tizones o manchas foliares y el carbón común.



La producción de maíz en el Norte de Tamaulipas se vió seriamente afectada en tres de los últimos cuatro años; el detrimento en los rendimientos, y sobre todo de la calidad del grano que fue contaminado por hongos parásitos los cuales dieron lugar a la presencia de "aflatoxinas". Esto representa un riesgo vital, dado que son sustancias que afectan al ser humano.

En el año de 1989, la producción regional de 440,000 toneladas de maíz fueron dañadas casi en su totalidad, al mezclarse en las recibas o centros de acopio todo el grano, detectándose las aflatoxinas en el producto ya almacenado.

Los objetivos del presente trabajo son: a) presentar una panorámica general de las aflatoxinas, desde sus agentes causales y los factores que favorecen su desarrollo, hasta la descripción de los principales métodos para su detección y cuantificación, y b) recopilar información regional con relación a este factor limitante de aflatoxinas en maíz, sin precedente a nivel nacional.

## MARCO DE REFERENCIA

### 3.1. Descripción del Area.

El área de riego del Norte del Estado de Tamaulipas, es la mayor superficie compacta de ese tipo en la República Mexicana; está dentro de lo que son los Distritos de Desarrollo Rural 155 y 156; en su área de influencia se hallan parte de los ocho municipios fronterizos: Mier, Miguel Alemán, Camargo, Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo y Matamoros. La superficie de riego en esta zona comprende los Distritos 025 "Bajo Río Bravo" y 026 "Bajo Río San Juan" con un total aproximado de 310,000 hectáreas agrícolas.

### 3.2. Localización Geográfica.

Los distritos de riego del Norte de Tamaulipas se encuentran en la porción noreste del país. Hacia el norte y delimitados por el Río Bravo colinda con los Estados Unidos de América; al sur, está la zona de temporal de esta misma región Tamaulipas Norte; al este se halla el municipio de Matamoros y en el oeste el Estado de Nuevo León (Figura 1).

Las coordenadas geográficas correspondientes indican que la región se halla entre los 25° 40' y los 26° 20' de latitud



norte, y entre los  $97^{\circ} 10'$  y los  $98^{\circ} 10'$  de longitud oeste; la altitud media es de 20 a 40 metros sobre el nivel del mar (Apéndice, Figura 1A).

### 3.3. Clima.

Hay dos zonas climáticas bien definidas: una con clima cálido-subtropical, caracterizada por inviernos secos y veranos calientes en la parte cercana al mar y otra de clima semicálido-subtropical estepario, con un sólo período húmedo a fines de verano, situada al oeste del Golfo de México adentrándose hacia el continente.

Los vientos húmedos del Golfo dominan durante toda la primavera y otoño generando lluvias en forma de tormentas que se distribuyen irregularmente. En ocasiones se presentan lluvias huracanadas a fines de verano y principios de otoño, por lo cual, las mayores precipitaciones son en el mes de septiembre; a fines de mayo e inicios de junio también hay lluvias, como segundo período importante en el año.

En invierno, predominan masas frías continentales que se conocen como "nortes" que pueden ser propiamente del norte, noreste o del noroeste, siempre asociados con bajas temperaturas. Esporádicamente se presentan "heladas", que



ocurren en tres de cada diez años en otoño, y uno de cada diez, en la estación de primavera.

La temperatura media anual es de  $22.9^{\circ}\text{C}$ , las máximas extremas son en julio y agosto, con valores de  $38^{\circ}\text{C}$  hasta los  $42^{\circ}\text{C}$ .

La precipitación promedio anual acumulada es de 605 mm. La media anual más baja es de 432 mm. en la zona noroeste, y en el noreste la más alta de 740 mm., cerca de la costa. Según las estadísticas, marzo es el mes más seco.

En la Figura 2A del Apéndice se presentan las isoyetas e isotermas del Norte de Tamaulipas; la región más cercana al Golfo, cuenta con precipitaciones más altas.

La humedad relativa para Matamoros es de 75 a 96%, para Río Bravo una media anual de 60% y para Díaz Ordaz un 65%.

La evaporación media anual es de 1940 mm., observándose un incremento en los valores hacia el oeste. Los meses de mayor evaporación son julio y agosto con aproximadamente 280 mm. mensuales, y los de menor valor, diciembre y enero con 75 milímetros.

### 3.4. Suelos.

Los suelos predominantes son aluviales; de jóvenes a recientes, profundos (más de 200 cm.); gris oscuro en la superficie y café pálido en los estratos inferiores; texturas finas (arcillas); permeabilidad de moderada a lenta; relieve plano no mayores de 0.05%; sin pedregosidad superficial y manto freático de 160 a 200 cm. la mayor parte del año. La fertilidad natural en general, es alta; contienen carbonatos y sulfatos de calcio en su perfil; y aproximadamente un 20% presenta actualmente salinidad, en mayor o menor grado, o son muy susceptibles a ésta. El pH es ligeramente alcalino, con valores promedio que fluctúan de 7.6 a 7.9 .

### 3.5. Historia de los Cultivos.

En los distritos de riego, la explotación de maíz y sorgo ha sido por más de 30 años la base de la agricultura, con más del 94% de superficie de su total. El ciclo agrícola de importancia se le conoce como "de temprano" u otoño-invierno; de preparación de suelo a cosecha, es desde noviembre hasta junio o julio. El sistema tradicional de producción, es sorgo-descanso, o maíz descanso, en los ciclos de temprano y tardío respectivamente.

Sólo una mínima parte se siembra de tardío, por lo regular

es menos del 5% del área. Las especies empleadas para una posible diversificación y/o rotación de cultivos son: algodón, trigo, soya, frijol y algunas hortalizas como calabacita y okra, aunque se siembren en pequeña escala.

El Cuadro 1A del Apéndice, muestra las superficies sembradas y rendimientos obtenidos de maíz y sorgo en los últimos 20 años, para el área de riego del Norte de Tamaulipas. Asimismo, el Cuadro 2A incluido en el Apéndice muestra los principales cultivos en el distrito 025, Bajo Río Bravo, de los cinco últimos años, en el ciclo de temprano (23 y 33).

## METODOLOGIA Y DESARROLLO

### 4.1. Generalidades Sobre las Aflatoxinas.

4.1.1. Hongos.- Plantas inferiores, talófitas, carentes de semillas que se multiplican por esporas, reproducción sexual o asexual. Son parásitos o viven sobre materias orgánicas, su talo es ordinariamente filamentososo, ramificado y conocido como "micelio", absorbe los principios orgánicos y nutritivos que existen en el medio (24). Ya que carecen de clorofila, no pueden elaborar sus propios alimentos por lo que requieren necesariamente de sustancia orgánica preformada (14).

La pared celular de los hongos está formada por quitina, celulosa o ambas, característica que les permite una gran interacción con el sustrato, que es importante, tanto para la asimilación de nutrimentos, como para la secreción de enzimas y metabolitos (14).

Teóricamente, los hongos para su reproducción forman esporas como resultado de una fusión celular y nuclear (espora sexual). Sin embargo, en "medio de cultivo", estas esporas constituyen la excepción, más bien que la regla, de tal modo que el investigador se ve obligado a basar sus identificaciones en formas más comunes, las esporas asexuales (conidios), que son

resultado de la división del micelio (11).

Alrededor de dos terceras partes de las enfermedades de las plantas son causadas por hongos. Se conocen cerca de 100,000 especies, la mayoría de ellos son saprófitos obligados, pero cerca de 8,000 son fitoparásitos (14).

4.1.2. Ubicación Sistemática de los Hongos.- Sin entrar en controversias con respecto a la posición taxonómica que ocupan los hongos, se toma como referencia la clasificación de Smith en su "botánica criptogámica" y citado por Stakman y Harrar (36). Los hongos pertenecen al grupo de las talófitas en la división *Eumycophyta* que incluye cuatro clases ampliamente conocidas: *Phycomycetae*, *Ascomycetae*, *Basidiomycetae* y *Deuteromycetae* (Apéndice, Figura 3A).

Se describe la clase *Deuteromycetae* o *Deuteromycetes*, a la que corresponde el género *Aspergillus*, que es la base de este escrito. Estos hongos son imperfectos, ya que su fase sexual se desconoce, por lo que no todos los micólogos lo reconocen dentro de su campo, pero son aceptados en la Fitopatología (14).

El micelio de los hongos de la clase *Deuteromycetes*, es septado y ramificado a excepción de las levaduras, que están formadas por células sueltas o en cadenas cortas. Las células

por lo general tienen varios núcleos. Esta clase, se subdivide en cuatro órdenes, según el tipo de estructura en las cuales se producen los conidios: *Sphaeropsidales*, *Melanconiales*, *Micelia-Sterilia* y *Moniliales* (14).

El orden *Moniliales* es el más numeroso de los hongos imperfectos. Los conidios son producidos en hifas no diferenciadas, conidióforos libres, sinemas o coremios y esporodoquios. Algunos géneros de importancia fitopatológica son: *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Cercospora* y *Aspergillus* (14).

4.1.3. Hongos del Género *Aspergillus*.- Los hongos del género *Aspergillus*, presentan conidios unicelulares, producidos en numerosas cadenas que forman una esfera a simple vista, al extremo de conidióforos erectos. La mayor parte de las especies de este género son saprófitas, no así, *Aspergillus flavus* Link y *Aspergillus flavus* Speare que afectan granos y semillas almacenados (14).

Según Raper y Fennell, citados por Moreno y Gil (21), el género *Aspergillus* está constituido por 132 especies distribuidas en 18 grupos. Los criterios para esta subclasificación, son de acuerdo a características morfológicas y fisiológicas, que pueden reconocerse con facilidad. A cada grupo le asignaron el nombre de la especie más representativa o especie "tipo".

Nueve de los 18 grupos son de importancia en el deterioro de granos y semillas almacenadas: A. glaucus, A. restrictus, A. ochraceus, A. candidus, A. clavatus, A. niger, A. versicolor, A. fumigatus y A. flavus -Raper y Fennell, citados por Moreno y Gil (21).

El grupo Aspergillus flavus tiene once especies, cuyas características sobresalientes son: cabezuelas globosas, radiadas o columnares, de color verde-amarillo pálido, verde-amarillo fuerte o café oliva, fialides uniseriadas, biseriadas o ambas; no presentan estado sexual, es común la presencia de esclerocios de café a rojizos, café-púrpura o negros cuando están maduros. Los esclerocios son de forma globosa, subglobosa y verticalmente elongada (21).

De acuerdo a Raper y Fennell, citados por Moreno y Gil (21), las especies del grupo Aspergillus flavus son:

- a) Aspergillus flavus Link
- b) Aspergillus flavus var. columnaris Raper y Fennell
- c) Aspergillus parasiticus Speare
- d) Aspergillus orizae (Ahib) Cohn
- e) Aspergillus zonatus Kwon y Fennell
- f) Aspergillus orizae var. effesus (Tiraboshi) Ohara
- g) Aspergillus clavato-flavus Raper y Fennell
- h) Aspergillus tamari Kita

- i) Aspergillus flavo-furcatis Batista y Maia
- j) Aspergillus subolivaceus Raper y Fennell
- k) Aspergillus avenaceus Smith

Unicamente las especies Aspergillus flavus Link y A. parasiticus Speare producen aflatoxinas (7 y 21). Algunas características de éstas se describen a continuación: sus esporas germinan y producen micelios que originan los conidióforos, que en su parte apical presentan una vesícula con las fialides. Las vesículas, fialides y las esporas conforman lo que se conoce como "cabezuelas". Estas dos especies del género Aspergillus presentan cabezuelas globosas o radiadas, las de A. flavus L. son de color verde-amarillo brillante, y las esterigmas en dos series, y las de A. parasiticus S., son de color verde-amarillo oscuro con esterigmas en una serie. Las colonias de la primera especie, tienen una superficie irregular y con hifas aéreas, en cambio en A. parasiticus, la superficie es compacta y afelpada (21).

4.1.4. Aflatoxinas.- Las aflatoxinas son producto de metabolitos secundarios de Aspergillus flavus Link y Aspergillus parasiticus Speare (22).

En forma natural se han encontrado 13 distintos tipos de aflatoxinas derivados de la difurano coumarina (22). Todos se



caracterizan por ser fluorescentes cuando se iluminan con luz ultravioleta, y el color de la fluorescencia les ha dado el nombre de aflatoxinas "B" cuando es azul (blue), y aflatoxinas "G" cuando es verde (22 y 39).

Las primeras aflatoxinas descubiertas fueron designadas como B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> (22 y 39). Los valores Rf característicos para cada una de éstas y su fórmula molecular son los siguientes:

<u>Aflatoxinas</u>	<u>Fórmula Molecular</u>	<u>Rf (cm)</u>
B <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0.56
B <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	0.56
G <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	0.48
G <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	0.48

\*Vaquero y Morales (39).

En un material contaminado las cantidades de cada uno de estos compuestos son variables, la B<sub>1</sub> generalmente es la más abundante, B<sub>2</sub> y G<sub>2</sub> están presentes en pequeñas cantidades, y la G<sub>1</sub> muestra concentraciones intermedias (39).

Las fórmulas químicas de estos cuatro tipos de aflatoxinas se establecieron por primera vez en el Instituto Tecnológico de Massachusetts de los Estados Unidos de Norteamérica (22).

Además de las cuatro toxinas mencionadas, posteriormente fueron identificadas la aflatoxina  $M_1$ , aislada en leche en 1963, la  $Q_1$  identificada en hígado de mono, y las  $B_m$ ,  $B_e$ ,  $G_m$  y  $G_e$ , como derivadas de las aflatoxinas  $B_1$  y  $G_1$  por la actividad de alcoholes como el metanol. Después se aislaron las  $B_{2a}$ ,  $RB_1$  y  $RB_2$  (22).

A. flavus L. produce principalmente las aflatoxinas  $B_1$  y  $B_2$ , mientras que A. parasiticus S. produce  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$ ,  $G_2$  y M (7).

En el Cuadro 3A del Apéndice se muestra información respecto a las principales propiedades de las aflatoxinas, y en la Figura 4A, del mismo Apéndice, su estructura molecular.

Las aflatoxinas pueden localizarse en el micelio de los hongos, en las esporas o ser excretadas como exotoxinas que se liberan en el medio donde se desarrolla el hombre (22).

Todas las toxinas producidas por hongos, y tóxicas o perjudiciales a otras formas de vida, se les conoce como "micotoxinas" y a su efecto, "micotoxicosis" (22).

Los productos de alto riesgo de contaminación son: cacahuete, nuez, semilla de algodón, copra y maíz. También se han encontrado esas toxinas en sorgo, cebada, mijo, soya, papa, chícharo, girasol, avena y en aceites vegetales de olivo y coco. Aparentemente la especie más común en maíz, es A. flavus L. (21).

Los residuos tóxicos de aflatoxinas en productos o subproductos animales son un peligro para la salud pública; Hamilton (15) ha publicado que se han detectado en carnes, huevo, embutidos y lácteos.

4.1.5. Antecedentes Históricos.- La primera manifestación de micotoxinas relacionadas con aflatoxinas fue en 1960 cuando en Inglaterra murieron inexplicablemente 100,000 pavitos. Inicialmente el agente etiológico se desconocía, y después de un análisis sistemático mostró como factor común en las raciones alimenticias, una pasta o harina de cacahuete brasileño contaminado, para concluirse que la intoxicación de las aves era producida por un hongo, el Aspergillus flavus (21,22 y 39), del cual se deriva el término "aflatoxinas".

En 1961 en Uganda, Sargeant aisló un producto al que dió el nombre de aflatoxinas, como resultado de un estudio para detectar la muerte de corderos, cerdos y venados, por la

ingestión de alimentos dañados por hongos (22).

Seguramente las micotoxinas siempre han existido, pero hasta hace tres décadas se les reconoció como un problema de salud pública y animal a partir de los antecedentes de las intoxicaciones masivas.

4.1.6. Mitotoxicosis.- La sintomatología producida por las micotoxinas recibe el nombre de "micotoxicosis", dentro de las cuales una de las más estudiadas es la aflatoxicosis, ya que ha causado problemas en el hombre y pérdidas significativas en animales domésticos (39).

Las micotoxicosis son producidas por especies de hongos del género Aspergillus, Fusarium y Penicillium principalmente, sin embargo por sus efectos, las micotoxicosis han sido las más estudiadas y se les reconoce como las sustancias carcinógenas más potentes hasta ahora conocidas. Además son teratógenas y mutagénicas, siendo el hígado, el órgano más afectado, por lo que se les considera como hepatoxinas (21).

Existe evidencia circunstancial en la relación de ingestión de alimentos contaminados con aflatoxinas y el desarrollo de cáncer en humanos. Estudios realizados en Kenia y otros países africanos han demostrado una correlación positiva entre la

ingestión de esas toxinas y el desarrollo de cáncer en el hígado (Bath, citado por Moreno y Gil -21-).

Las aflatoxinas ingeridas en los alimentos son absorbidas en la mucosa intestinal, pasan por el torrente sanguíneo hasta el hígado, riñones y sistema nervioso, donde se acumulan y se localizan. Los efectos que ocasionan son lesiones necróticas, tumores y hemorragias (22).

En animales domésticos los efectos que producen las aflatoxinas son: mala absorción de nutrientes, coagulopatía, crecimiento deficiente, mayor susceptibilidad a la infección, problemas reproductivos y mayor sensibilidad a temperaturas extremas (15).

Otras manifestaciones patológicas de aflatoxicosis, en animales mamíferos con envenenamiento agudo, son necrosis hepática y lesiones hemorrágicas que a menudo causan la muerte. Además del hígado, el timo, es otro de los principales órganos afectados (23).

En cuanto a la toxicidad de las principales aflatoxinas, se han determinado las dosis letales orales utilizando una toxina purificada administrada a pollos durante siete días. Los resultados reportados son:  $B_1/0.36$ ,  $B_2/1.60$ ,  $G_1/0.79$  y  $G_2/3.45$

de tipo de aflatoxina/dosis letal, en miligramos por kilogramo (39).

4.1.7. Niveles de Aflatoxinas.- Hasta la fecha, las normas reguladoras se han basado más, en consideraciones legales que en información experimental, pues los estudios han sido para demostrar un efecto, y no para establecer un nivel de seguridad (15).

Los límites máximos permisibles de aflatoxinas, son distintos según el país de que se trate, la FAO en 1974 fijó un máximo de tolerancia entre 5 y 20 ppb para consumo humano (22). Algunos países como Japón, mantienen "cero"  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ., Canadá 15, Inglaterra 30, Italia 50 e India 60 en las mismas unidades  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (4).

En 1968 la Agencia de Alimentos y Medicinas de los Estados Unidos (FDA -Food and Drug Administration-), da a conocer los límites máximos de tolerancia, dependiendo del uso al cual esté destinado (Cuadro 4A del Apéndice 21).

En este país, se ha adoptado el límite de 0 a 20 ppb para consumo humano. Para Tamaulipas, se establecieron límites máximos de 20 ppb para consumo humano; 299 ppb para uso forrajero y 300 y más ppb, destrucción del producto. Datos que

aparecen en documentos oficiales del 23 de agosto de 1989 por parte de la SSA y del 4 de septiembre del mismo año por la SARH (34).

Es importante señalar que la unidad partes por billón, "ppb" para fijar las normas de tolerancia es la utilizada en los Estados Unidos y equivale a un microgramo por kilogramo, o sea un miligramo por tonelada, es la fracción  $1/1,000,000,000$  (uno/mil millones). En México, un billón, es un millón de millones, no así en otros países como los Estados Unidos y Francia, donde este término equivale a mil millones.

Los experimentos más apropiados y los métodos estadísticos, han revelado que no es posible, ni teórica ni prácticamente, determinar en laboratorio una dosis eficaz mínima, y puede suponerse que ningún nivel de aflatoxinas, esté libre de peligro (15).

4.1.8. Factores que Favorecen la Producción de Aflatoxinas.- Las esporas de los hongos se producen en gran número, aunque muchas de ellas no son viables o caen en lugares inhóspitos. El viento es el principal vehículo, pueden estar en cualquier sitio de la tierra y permanecer latentes por meses o años hasta que las condiciones ambientales sean las propicias para su desarrollo (21).

El período más susceptible de infección, en maíz, es de 65 a 85 días después de la siembra; pocos días después de iniciada la polinización (6).

La producción de aflatoxinas depende de un buen número de factores, los más importantes son: temperatura, humedad relativa y la humedad de grano (18, 21, 36 y 39).

Las esporas de las especies A. flavus y A. parasiticus, para germinar requieren de una humedad relativa mínima de 83%, y para establecerse el hongo 85%. Esa humedad atmosférica, representa contenidos de humedad en los cereales de 16.5 a 18%; (Christensen, citado por Moreno y Gil -21-). No hay límite superior, pues estos patógenos son capaces de producir las toxinas en medios líquidos, en laboratorio (21). Esas especies de hongos no crecen en una humedad relativa menor a 85%, ni en contenidos de humedad de grano menor de 16% (36).

Las aflatoxinas pueden producirse a temperaturas entre 11 y 40°C, aunque el rango óptimo es de 25 a 35°C (36). Según Diener (7), la temperatura ideal es de 28 a 35°C.

El sustrato es el medio utilizado por los hongos, para la síntesis de las aflatoxinas. Se ha señalado que A. flavus tiene mayor actividad proteolítica y A. parasiticus, lipolítica (El/Gendy y Marth, citados por Moreno y Gil -21-) En maíz, los



estigmas verdes son un sustrato pobre para el desarrollo del hongo y los cafés amarillentos favorecen su crecimiento (Guthrie y colaboradores, citados por Gatica et al -10-).

Se dice que las especies de Aspergillus son consideradas como parásitos débiles, que invaden más fácilmente semillas y plantas pobres o débiles o tejidos muertos (21). Debería de investigarse más respecto a estos criterios, ya que recientemente Kelly (17), ha demostrado que A. flavus, es sistémico en maíz.

La contaminación en el campo, también se debe a la sequía y la presencia de insectos además de la temperatura ambiente (21). Se ha comprobado que los insectos, hacen que aumenten en forma significativa los niveles de aflatoxinas en las mazorcas de maíz antes de la cosecha, ya que transportan esporas, a la vez que dañan los granos. Al parecer la infección con A. flavus se asocia más con insectos que se alimentan del follaje y A. parasiticus, con insectos que viven en el suelo (19).

Investigaciones realizadas en el Norte de Tamaulipas, en los ciclos tempranos de 1989 y 1990, muestran una relación positiva de la incidencia del Aspergillus flavus, con los daños de plagas en los costados del elote (29).

Aspergillus y Penicillium no están especializados en su parasitismo, son frecuentes en condiciones extremadamente favorables a su desarrollo penetrando a menudo a las mazorcas por las heridas causadas por insectos (38). La micoflora asociada, es un factor que evita o disminuye la producción de aflatoxinas. Las cepas productoras de estas toxinas son malas competidoras con otros hongos que crecen en las mismas circunstancias de temperatura y humedad; (Christensen citado por Moreno y Gil -21-).

Por lo que toca a resistencia o características genéticas de los materiales de diversos maíces, los criterios no son muy afines entre los investigadores y estudiosos de la materia. Sauer (36), ha publicado que los materiales, pueden ser importantes en la producción de aflatoxinas; Widstrom (41) escribe que hallazgos recientes indican que se justifica la selección para mejorar la resistencia a la contaminación por aflatoxinas. En contraparte a lo anterior y de acuerdo a Darrah (5), no se ha identificado ningún germoplasma que reduzca sustancialmente la producción de aflatoxinas B<sub>1</sub>, también concluye, que las correlaciones entre rendimiento y nivel de aflatoxinas no fueron significativas en estudios al respecto.

Por lo anterior, es necesario conocer más de la genética del hongo y de la planta, así como de la interacción del ambiente

físico y biótico en la producción de las aflatoxinas.

A pesar de todo lo que se sabe acerca del crecimiento fungoso y de la producción de las aflatoxinas, y a más de 30 años de su identificación, aún no se cuenta con un método confiable de predecir el riesgo de infección por aflatoxinas (36).

#### 4.2. Detección y Cuantificación de Aflatoxinas.

Para la detección de aflatoxinas se usan como base algunas características o propiedades físico-químicas como la fotosensibilidad y emisión de fluorescencia al ser excitadas por luz ultravioleta, y su solubilidad en ciertos solventes orgánicos como cloroformo, acetona y metanol (3 y 35).

La fluorescencia se debe a la reacción del ácido kójico producido por hongos y a una peroxidasa del grano, por lo cual sólo se da en granos vivos, aunque las aflatoxinas son también producidas en granos muertos (21). El ácido kójico, es un químico que puede ser producido por procesos aeróbicos de una gran variedad de hongos, incluyendo del género Aspergillus, que pueden o no, producir las toxinas (40).

Ya que la fluorescencia es la principal característica de las técnicas presuntivas no analíticas y considerando lo expuesto en

el párrafo anterior, se deduce que la presencia o ausencia de la brillantez no implica que la muestra esté contaminada (40).

La determinación química de aflatoxinas, comprende principalmente las etapas de: obtención de la muestra, extracción de aflatoxinas y la aplicación de los métodos de análisis (22).

La gran variabilidad en los resultados analíticos, contribuye a dificultar la correcta determinación en el contenido de aflatoxinas de un producto contaminado. El riesgo de aceptar o rechazar equivocadamente un lote de grano, depende directa y principalmente del procedimiento utilizado, el tamaño de la muestra y su representatividad (22).

Se ha encontrado que las aflatoxinas no se distribuyen uniformemente en un lote de maíz a granel, en los vehículos transportadores del producto. Se localizan en forma muy errática (22), ya que un porcentaje muy pequeño de granos afectados, puede contener un alto nivel de aflatoxinas por lo cual resulta muy difícil determinar la concentración promedio, con exactitud (8).

Existen diversas técnicas y métodos para la determinación de aflatoxinas, se mencionarán las más importantes:

**4.2.1. Métodos no Analíticos.-** Son observaciones rápidas de escrutinio meramente físicas, sin método científico. Solamente sirven para dar una idea de su posible contaminación.

Estas técnicas pueden ser a simple vista, por la sintomatología del producto muestreado para lo cual se requiere de buen conocimiento y experiencia; y con el apoyo de un fluoroscopio (16) mediante el cual se observa la muestra que pasa a través de luz ultravioleta, si algunos granos o partículas de la muestra emiten fluorescencia amarillo-verdosa brillante, es un indicador presuntivo de contaminación.

**4.2.2. Métodos Analíticos.-** Son procesos que se llevan a cabo en laboratorio, con material, equipo y personal técnico capacitado o profesional. Por su naturaleza, estos métodos pueden ser presuntivos o confirmativos (22).

a) **Métodos Presuntivos.-** También se les conoce como cualitativos y son aquellos que sólo son capaces de establecer si la muestra analizada contiene o no, más de 20 microgramos de aflatoxinas por kilogramo de producto (22).

Dentro de esta categoría se tienen: cromatografía en capa fina -TLC- no cuantitativa, minicolumna de Holaday-Velasco, Afla-Cup, Agri-Screen y EZ-Screen (22).

Holaday-Velasco (HV).- Es un método directo, en el que se emplean mini columnas cromatográficas, en las cuales se hace pasar un extracto de la muestra tratada con benceno y posteriormente ser expuestas a luz ultravioleta; la presencia de un anillo fluorescente azul, en la columna, indica que hay aflatoxinas en la solución. Es una técnica rápida y económica que se puede hacer en campo y no requiere personal altamente capacitado (22).

Afla-Cup, Agri-Screen y EZ-Screen.- Son procedimientos indirectos; son pruebas de inmuno ensayos que también se les conoce como del tipo "ELISA" (enzyme linked inmuno sorbent assay -prueba inmuno absorbente con enzimas-). Lo más importante en estos métodos es el uso de anticuerpos específicos para las aflatoxinas (22).

Los métodos ELISA, son muy exactos en los resultados cualitativos y son muy rápidos con resultados en 15 minutos (22). Aunque se está mejorando para entrar al ámbito cuantitativo, estudios recientes indican que no puede evaluar o cuantificar las aflatoxinas B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> (42).

b) Métodos confirmativos.- Son métodos cuantitativos que dan con precisión la concentración de aflatoxinas de una muestra. De acuerdo a Ortiz (22) los que actualmente se utilizan son:

Cromatografía en capa fina (TLC) cuantitativa,  
Cromatografía de líquidos a alta presión (HPLC),  
Aflatest, (Vicom, L.A.) y  
Oxoid, (Oxoid, U.S.A., Inc.).

Cromatografía en capa fina TLC.- (thin layer chromatography). Es un proceso complejo con duración aproximada de tres horas. Requiere de gran limpieza de los extractos, las aflatoxinas se detectan por la iluminación con luz ultravioleta; también es necesario el uso de estándares con concentraciones distintas y conocidas de aflatoxinas para ser comparada su fluorescencia, con la de los extractos examinados (22).

Es importante considerar, que el resultado de una sola prueba, indica una relación de 45% del contenido real de aflatoxinas con respecto al resultado de la prueba TLC; porcentaje que para elevarlo por lo menos al 95% de precisión se tendrían que correr 30 muestras, con sus implicaciones de costo y tiempo.

Cromatografía de líquidos a alta presión.- HPLC (high pressure liquid chromatography). Este método es el de mayor precisión, el mejor en la actualidad en métodos cuantitativos, pero requiere de extractos altamente purificados y el uso de solventes de alta pureza. Consiste básicamente en la preparación del extracto e

inyectarlo al sistema HPLC. En un espacio de 20 minutos se obtiene un cromatograma donde se aprecian los típicos picos que corresponden a los distintos tipos de aflatoxinas ya separadas y cuantificadas en el proceso de cromatografía (22).

HPLC es el método analítico más exacto, puede detectar cantidades mínimas de toxinas y al correr repetidamente una misma muestra, las diferencias son mínimas. Por otra parte, es la técnica de mayor costo por los equipos y aparatos requeridos y es necesario el personal altamente calificado, para su operación y manejo (22).

Aflatest y Oxoid.- Estos métodos combinan la medición directa e indirecta. Utilizan anticuerpos sin que sea un ensayo ELISA. El proceso básico consiste en capturar las aflatoxinas en minicolumnas, empleando anticuerpos específicos, aislándolas posteriormente por elusión y cuantificándolas por los métodos directos de medición TLC y HPLC y los de medición indirecta de ELISA. Como otros métodos, se requiere obtener un extracto de la muestra que se diluye en una solución buffer y hacerse pasar por una minicolumna absorbente que contiene los anticuerpos específicos para las aflatoxinas (22).

En Aflatest, la opción del fluorómetro digital provee un resultado que se puede leer directamente en el aparato, el nivel



de exactitud puede ser hasta de una parte por billón, inclusive se le puede adaptar una impresora automática donde se registra el resultado del análisis, los resultados se pueden obtener en 10 minutos y no requiere personal altamente capacitado (40).

Para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, los métodos cuantitativos que han demostrado mayor confiabilidad y que se han autorizado son el de cromatografía en capa fina y Aflatest desarrollado por Vicam (40).

Aún se continúa investigando y evaluando nuevas técnicas para el diagnóstico y cuantificación de aflatoxinas y tratando de mejorar las ya existentes para dar mayor precisión, rapidez y economía.

Los métodos TLC y HPLC deben utilizarse cuando se requiera precisión específica de las concentraciones individuales de los tipos de aflatoxinas  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$  y  $G_2$ . En algunas instancias, las técnicas de columnas de inmunoafinidad son rápidas, eficientes y suficientes (1).

Todos los métodos en sí, son válidos, según los objetivos y circunstancias de tiempo, equipo, material, laboratorio y disponibilidad económica. Deberá seleccionarse el apropiado y

determinar primeramente si contiene o no las toxinas para ser cuantificado posteriormente.

#### 4.3. La incidencia de Aflatoxinas en el Norte de Tamaulipas.

En tres de los últimos cuatro años, se ha presentado la contaminación de grano de maíz por aflatoxinas. En 1989 el total de la producción fue afectada, detectándose en el maíz ya en las bodegas; en 1990 la producción afectada fue de 92%, al separarse cada camión recibido en los centros de acopio sólo por las determinaciones de análisis físicos. Para 1991, en todas las recibas se contaba con laboratorios provisionales, personal capacitado e instrucciones precisas, para analizar químicamente las muestras de cada uno de los camiones que trasportaban la producción de la región, el 23% resultó con niveles de aflatoxinas mayores de 20 microgramos/kg.

---

Año	Producción (ton)	% con > 20 ppb
1989	440,000	100
1990	500,000	92
1991	329,000	23

---

Fuente: Citas Bibliográficas (26) y (34).

En 1989 y 1990, el maíz se pagó a los productores a los precios oficiales, el gobierno absorbió la diferencia pues al determinarse no apto para consumo humano, hubo de comercializarse como maíz forrajero, exclusivamente para consumo animal y previamente pigmentado.

En 1991, la región estuvo a punto de ser vedada para la siembra y cultivo de maíz, sin embargo sólo se restringió, normándose, donde los agricultores deberían apearse estrictamente al paquete tecnológico autorizado por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, desde la preparación del suelo, hasta la cosecha y comercialización del grano. En este año, ya hubo precios diferenciales, considerando el grado de contaminación del producto apto para consumo humano o para uso forrajero.

En 1992, no sólo no hubo aflatoxinas, sino que se contó con un rendimiento regional medio aproximado de 5.2 toneladas por hectárea; el dato del distrito 025 es de 5.44 ton/ha. en 55,545 hectáreas cosechadas, rendimientos sin precedentes en la historia de maíz de riego en la zona (Cuadros 1A y 2A, en el Apéndice).

4.3.1. Estudios en Relación a las Aflatoxinas.- A raíz de la grave situación en el Estado de Tamaulipas, diversas instituciones, empresas e investigadores, se han dado a la tarea

de tratar de conocer mejor y prevenir en lo posible, la influencia de estas toxinas que afectan la salud del hombre y consideradas como un problema de primera magnitud.

a) Monitoreos Fitosanitarios.- La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través del Campo Experimental Río Bravo, realiza un gran número de proyectos de investigación. En algunos de estos trabajos desde 1989 se han llevado a cabo monitoreos fitosanitarios apoyados con personal de Sanidad Vegetal y Asistencia Técnica de los Distritos de Desarrollo Rural de la propia Secretaría (9 y 28).

Estos monitoreos consistían en la toma de muestras (cinco puntos de 10 plantas por cada lote) y evaluación de afectación por plagas y enfermedades de toda la planta (12).

-Monitoreo de 1989- En 43 lotes comerciales, 25 de Río Bravo, 10 de Díaz Ordaz y 8 de Valle Hermoso, las pudriciones por Fusarium fueron las mayormente encontradas y los daños por plaga también fueron considerables (12).

En el Cuadro 1 se muestra información referente a presencia y severidad de las principales enfermedades detectadas y el daño por plaga. Presencia, se refiere al porcentaje de plantas muestreadas que tuvieron afectación en cualquier grado y severidad, al daño promedio de las mazorcas afectadas.

CUADRO No. 1. DAÑO POR PLAGAS Y ENFERMEDADES DE MAZORCA EN MAIZ DEL AREA DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, 1989.

AGENTE CAUSAL	PORCENTAJE DE AFECTACION					
	RIO BRAVO		V. HERMOSO		DIAZ ORDAZ	
	P	S	P	S	P	S
E						
N <u>Ustilago</u>	0.43/10.48		0.46/8.7		0.43/36	
F						
R <u>Fusarium</u>	63.48/9.42		62.3/9.67		67.28/6.16	
M						
E <u>Rhizopus</u>	27.85/2.83		19.66/0.77		17.12/1.30	
D						
A <u>Penicillium</u>	21.16/1.05		40.83/3.71		6.44/0.24	
D						
E <u>Aspergillus</u>	10.85/0.76		14.82/0.79		12.00/0.72	
S						
P						
L						
A (G. cogollero	73.14/9.56		95.83/4.76		96.28/6.21	
G y G. elotero						
A princ.)						
S						

Fuente: Girón, SARH (12) P = Presencia; S = Severidad

NOTA: El ciclo 1989 corresponde al ciclo de temprano 1989 o lo que es también Otoño-Invierno 1988-1989.

En los que concierne a enfermedades, las cifras que corresponden a Aspergillus son las más bajas, sin embargo se ha comprobado que "un porcentaje pequeño de granos, en una gran cantidad de maíz, es posible que contenga concentraciones muy altas de aflatoxinas" (8), por lo cual los límites permisibles se fijan en unidades de muy pequeña escala, como lo es microgramos/kg.

-Monitoreo de 1990- Se muestrearon 74 predios de maíz y los principales daños de mazorca encontrados, fueron producto de hongos del género Fusarium y gusanos elotero y cogollero (27). Otras enfermedades detectadas fueron a causa de los hongos Rhizopus, Aspergillus, Penicillium y Ustilago maydis. Las siembras más atrasadas presentaron mayor afectación por enfermedades y plagas (13) (Cuadro 2).

-Monitoreo de 1991- En ese año las condiciones climáticas fueron menos propicias para el desarrollo de A. flavus y A. parasiticus. La superficie sembrada con maíz en la región fue menor y los productores se apegaron más al nuevo paquete tecnológico del cultivo. La fecha de siembra fue un factor determinante y las variedades no autorizadas tuvieron más daño (28) (Cuadro 3 y 4). En 70 lotes monitoreados, el 76% resultó con niveles de aflatoxinas menores a 20 ppb, el 21% en el rango de 21 a 200 ppb, y el restante 3%, con concentraciones mayores de contaminación (Cuadro 5).

CUADRO No. 2 DAÑOS POR PLAGAS Y ENFERMEDADES EN MAIZ, DEL AREA DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS 1990 1/

PORCENTAJE MEDIO DE GRANOS AFECTADOS				
AGENTE	RIO BRAVO	DIAZ ORDAZ	V. HERMOSO	
CAUSAL	24 PREDIOS	26 PREDIOS	24 PREDIOS	
E N F E R M E D A D E S	<u>Fusarium</u>	7.7	5.8	3.5
	<u>Rhizopus</u>	0.3	0.7	0.2
	<u>Aspergillus</u>	0.5	0.1	0.1
	<u>Penicillium</u>	0.8	0.5	0.4
	<u>Ustilago</u>	1.0	0.5	0.4
P L A G A S	G. elotero y G. cogollero	3.3	4.0	3.0

Fuente: Girón y Rodríguez, SARH. (19).

1/ Ciclo 1990 es temprano de 1990, o también otoño-invierno 1989-1990.

CUADRO No.3. RELACION DE FECHAS DE SIEMBRA Y GRANO DAÑADO EN EL AREA DE RIEGO DEL NORTE DE TAMAULIPAS 1990. 1/

PERIODO/ SIEMBRA	PORCENTAJE DE GRANO AFECTADO <u>2/</u>		
	RIO BRAVO	DIAZ ORDAZ	V. HERMOSO
Antes del 7 de febrero	6.8	6.6	3.5
del 7 al 20 de febrero	9.5	7.9	6.7
después del 20 de febrero	17.5	15.5	14.9

Fuente: Girón y Rodríguez, SARH (19).

1/ciclo 1990 es temprano de 1990, o también otoño-invierno 1989-1990.

2/Daño por plagas y enfermedades en general.

CUADRO No. 4 RELACION ENTRE FECHA DE SIEMBRA Y NIVEL DE AFLATIXINAS EN MAIZ DEL AREA DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS 1991. 1/

NIVEL DE AFLATOXINAS (en g/kg. o p.p.b)	CON PAQ.TEC.		SIN PAQ.TEC.		TOTAL	
	No.	%	No.	% <u>2/</u>	No.	%
0 - 20	38	- 83	15	- 63	53	- 76
21 - 200	8	- 17	7	- 29	15	- 21
200	0	- 0	2	- 08	2	- 3
TOTAL	46	- 100	24	- 100	70	- 100

Fuente: Rodríguez, Girón y Garza, SARH (28).

1/El ciclo 1991 corresponde al ciclo temprano a lo que es también otoño-invierno 1990-1991.

2/Lotes sembrados después del 15 de feb. y/o con semilla o variedad no autorizada.



CUADRO No. 5. RELACION ENTRE FECHA DE SIEMBRA Y NIVEL DE AFLATOXINAS EN MAIZ DEL AREA DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS 1991.

PERIODO DE SIEMBRA	No. de lotes	PROMEDIO DE NIVEL DE AFLATOXINAS (p.p.b.)
anterior al 5 de febrero	19	18.5
del 5 al 15 de febrero	31	11.6
Después del 15 de febrero	20	67.2
TOTAL	70	$\bar{x}$ 33.1

Fuente: Rodríguez, Girón y Garza (28).

a) Programa Piloto de Asistencia Técnica Intensiva.- En 1990 la SARH con el apoyo del Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal (PIFSV), que es un organismo de dirigentes de productores de la región, concertan un programa en el área de Río Bravo, que incluye a cinco agrónomos, para asesorar a 450 productores de maíz y una superficie de 4,100 hectáreas.

Las fechas de siembra difirieron mucho de las recomendadas, dadas las precipitaciones pluviales después del riego de asiento, que dieron lugar al retraso de las siembras de la región (25).

En 2,045 de las 4,100 hectáreas, se presentaron pudriciones de mazorca por Fusarium, Rhizopus, Aspergillus y Penicillium. Los rendimientos decrecieron a medida que las siembras fueron más tarde (Cuadro 5A, en el Apéndice).

4.3.2. Factores Climáticos en Río Bravo, Tamps.- Los factores climáticos que favorecen el desarrollo y producción de aflatoxinas en precosecha son la humedad relativa de 85% o mayor y temperaturas de 25 a 35°C (36). Entre mejor se conjuguen estos factores aunados a la sequía, stress en la planta y la presencia del inóculo porsupuesto, se tendrán las aflatoxinas.

La etapa fenológica más susceptible en maíz, es durante la polinización y la formación del elote, que en la región sería entre los 65 y 85 días después de la siembra (6). Este período comprendería, según las fechas de siembra, desde la segunda quincena de abril, hasta finales de mayo y principios del mes de junio.

De 1989 a 1991, las temperaturas en la etapa de mayor peligro para el maíz, fueron muy propicias para el desarrollo de las aflatoxinas; la humedad relativa fue mayor de 85% y en 1991, fue muy cercana al 80%. Lo anterior explica el porqué de esos tres años, el de 1991 fue mejor para el productor (Figuras 5A y 6A, en el Apéndice).

La precipitación acumulada en los meses de abril y mayo de 1989 fue mínima, en la Figura 7A del Apéndice, se aprecia un estimado de 36 milímetros, y seis decenas sin lluvia incluyendo la primera de junio.

En las Figuras 8A y 9A del Apéndice, se presentan dos gráficas comparativas de precipitación y temperatura de los años 1991 y 1992 que es el último ciclo agrícola de la región en el cual los niveles de contaminación por aflatoxinas descendieron hasta "cero". Las temperaturas máximas del año en curso fueron más bajas que las registradas en 1991 y la sequía no se presentó, pues en las siete decenas, desde abril a la primera de

junio, hubo lluvias.

4.3.3. Modificación al Paquete Tecnológico.- A consecuencia de la contaminación del maíz por aflatoxinas, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos hubo de implantar algunos cambios en el paquete tecnológico del cultivo y orientar, en lo posible, a los productores para que se apoyaran, tanto en las innovaciones técnicas, como en la reiteración de algunas recomendaciones que no se estaban llevando a cabo satisfactoriamente.

Los factores o recomendaciones técnicas oficiales a modificarse, que indicó el Campo Experimental de la región, fueron: la fecha de siembra, las variedades empleadas y el umbral económico de las plagas de la mazorca.

-Fecha de siembra- Anteriormente, y por más de 15 años, se mantenía la recomendación de: siembra en todo el mes de febrero, en primera instancia se recorrió al 20 de febrero, para quedar después la fecha de siembra definitiva del 20 de enero al 15 de febrero, como límite.

-Variedades- De una amplia gama de 34 variedades recomendadas en 1988 (30), se redujo a 13 (31) en 1991, a pesar de las protestas de las compañías productoras y comercializadoras de semilla.

Actualmente (Sep. 1992) hay 11 variedades autorizadas para siembras de 1993 (2).

**-Plagas de la mazorca-** Aún no queda establecido un estricto umbral económico, para la decisión en el combate químico de las plagas, pero los criterios de los entomólogos y la mayoría de ellos recomienda el control de las plagas con insecticidas que anteriormente poco se utilizaba.

**-Densidad de Siembra-** Este factor es muy importante, la recomendación de 55,000 plantas por hectárea como límite máximo, es la misma de los últimos 10 o 15 años; sin embargo la mayor parte de los agricultores se habían acostumbrado a sembrar a una densidad mayor que la recomendada, encontrándose predios hasta con 80,000 plantas, promedio por hectárea. Las altas densidades dan lugar a un microclima que favorece el desarrollo de plagas y enfermedades, además se ha demostrado que densidades por encima de las recomendadas no incrementan significativamente el rendimiento.

**4.3.4. Análisis Físico-Químico del Maíz.-** En las bodegas de captación, centros de acopio o "recibas", como comúnmente se conocen, previo a su ingreso, se evalúa el producto muestreándose en la fila de camiones; después de homogenizarlas se procede a los análisis físicos y químicos de rigor.

**-Análisis Físicos-** Estos consisten en obtener los datos de: porcentaje de humedad de grano, temperatura, color, olor, aspecto, textura, porcentaje de granos quebrados, % de granos dañados por insectos y hongos, % de excretas y presencia de insectos u otras impurezas (34).

**-Análisis Químicos-** Se utiliza el método de minicolumnas monoclonales Aflatest y Fluorómetro. Se implantó en el año de 1991, para analizar las muestras de todos los vehículos transportadores del producto de predio a reciba. Primeramente se forma una compósita, que es una mezcla de las muestras de 5 a 10 camiones; si la prueba resulta positiva, mayor de 20 ppb, se procede a examinar individualmente las muestras de cada camión (34).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-Las aflatoxinas son un problema de primera magnitud ya que afectan la salud del hombre al contaminar productos como el maíz que es básico en su alimentación.

-Aunque haya normas en los niveles de aflatoxinas, toda contaminación mayor que cero, representa un peligro.

-La producción de aflatoxinas en pre-cosecha de maíz, sólo se da en condiciones muy favorables de temperatura, humedad relativa y sequía.

-El monocultivo de maíz, ha provocado un incremento de las plagas y enfermedades en la región.

-En maíz, las etapas más susceptibles de infección por A. flavus, son floración y llenado de grano, de 65 a 85 días de la siembra.

-El clima es impredecible, en Río Bravo, Tamps., la temperatura y precipitación de 1989 y 1990 fueron extraordinarios.

-A partir de 1989 en Tamaulipas Norte, los agricultores si

consideran a las enfermedades como factor limitante, luego de tener en sus predios hasta el 100% de daño en mazorca.

-El estricto seguimiento del paquete tecnológico del cultivo del maíz, es muy importante, desde las labores de preparación de suelo, hasta post-cosecha.

-Se ha comprobado que los rendimientos de maíz en la región son mejores en siembras más tempranas. Al adelantar las fechas de siembra en el nuevo paquete tecnológico, el riesgo de una helada tardía, se ha incrementado.

-La presencia de aflatoxinas en el maíz del Norte de Tamaulipas, dan pie a una amplia red de proyectos y estudios respecto a: mejoramiento genético, fechas de siembra, variedades o semillas a sembrarse, control de plagas y otros factores que sirvan para prevenir o minimizar el riesgo. Independientemente de trabajos con cultivos alternados y siembras en el ciclo tardío.

-A pesar de los avances de la ciencia con respecto a las aflatoxinas, y a más de tres décadas de su descubrimiento, aún no se cuenta con un método capaz de predecir el riesgo o dar una seguridad de evitar su incidencia.



## BIBLIOGRAFIA CITADA

1. BEAVER, R.W. AND D.M. WILSON. 1991. Detection and determination of aflatoxins. In: Aflatoxin in Corn; New Perspectives, (Shotwell, O.L., Hurburg, C.R. eds.), Iowa, E.U.A. pp. 351-357.
2. COMITE ESTATAL DE MODERNIZACION DEL CAMPO Y DEL AGUA 1992. Paquete Tecnológico Integral, Cultivo Maíz de Riego. Ciclo 1992-1993. Tamaulipas.
3. CONASUPO. 1991. Manual de Procedimientos para la Cuantificación de Aflatoxinas. Subgerencia Control de Calidad. México, D.F. 15 p.
4. CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION (CNP) 1990. La Contaminación de Granos por Aflatoxinas. Posibles soluciones al problema. La experiencia de Costa Rica. 16 p.
5. DARRAH, L.L. 1987. Yield and genetic control of aflatoxin in maize. In: Aflatoxin in Maize a proceedings of the ----- workshop, (Zuber, M.S., E.B. Lillehoj and B.L. Renfro, - eds.), CIMMYT, El Batán, Méx. pp. 351-357.

6. DE LA GARZA, A.R., S. ACOSTA N., RODRIGUEZ DEL B, L.A. Y REYES M., C.A. 1990. Informe del 3er. Taller de "Eliminación de Aflatoxinas" en San Luis Missouri, E.U.A. Gobierno del Estado de Tamaulipas. CIFAP-INIFAP-SARH. Río Bravo, Tamps. 7 p.
7. DIENER, U.L. AND N.D. DEVIS 1987. Biology of Aspergillus flavus and A. parasiticus. Ver referencia 5. pp. 33-40.
8. DICKENS, C.W. 1987. Sampling and detection techniques for aflatoxins in maize. Ver referencia 5. pp. 92-99.
9. GAMEZ TORRES, H. 1991. Problemas fitosanitarios y su repercusión en la presencia de aflatoxinas en el Norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, CIFAP, INIFAP, SARH, Río Bravo, Tamps. 5 p.
10. GATICA, V.M., V. NAVARRETE J., M. ROSAS R. Y C.A. REYES M. 1992. Patogenicidad de Aspergillus flavus Link y Aspergillus parasiticus Speare, en precosecha de maíz. Memorias XIX Cong. Nac. de Fitopat. Saltillo, Coah. p. 147.
11. GILMAN, J.C. 1963. Manual de Los Hongos del Suelo. Ed. Continental, México, D.F. 572 p.

12. GIRON CALDERON, R. 1989. Análisis de la situación fitopato--  
lógica del cultivo maíz en el Norte de Tamaulipas. En: -  
Diagnóstico de los problemas que afectaron la producción  
y calidad de maíz en la zona Norte de Tamaulipas en 1989  
(Ed. C.A. REYES M.). Campo Experimental Río Bravo,  
INIFAP, SARH. Río Bravo, Tamps. pp. 54-62-
13. GIRON CALDERON, R. Y L.A. RODRIGUEZ B. 1989. Diagnóstico so-  
bre los problemas fitosanitarios del maíz en la región -  
Norte de Tamaulipas. O-1 89/90. Campo Exp. Río Bravo, --  
INIFAP, SARH. Río Bravo, Tamps. 3 p.
14. GONZALEZ, L.C. 1977. Introducción a la Fitopatología, IICA.  
S.d. Costa Rica. 148 p.
15. HAMILTON, P.B. 1987. Aflatoxicosis in farm animals. Ver re--  
ferencia 5. pp. 51-57.
16. INDUSTRIAS DE RIO BRAVO, S.A. DE C.V. Sin fecha. Aflatoxinas  
Procedimiento de Lámpara de Luz Ultravioleta. Río Bravo,  
Tamps.
17. KELLY, S.M. 1987. Systemic infection of maize plants by ----  
Aspergillus flavus. Ver. referencia 5. pp. 187-193.

18. LILLEHOJ, E.B. 1987. Aflatoxin-in maize problems; the historical perspective. Ver referencia 5. pp. 13-33.
19. MC. MILLIAN, W.W. 1987. Relation of insects to aflatoxin --- contamination in maize grown in the Southeastern USA. -- Ver referencia 5. pp. 194-200.
20. MORALES P, A.O., F. LEAL L., H. VILLARREAL M., J.A. GONZALEZ-L. Y J. VALERO G. 1980. Marco de referencia del área de influencia del CAERIB. Campo Exp. Río Bravo, CIFAP, ---- INIFAP, SARH. Río Bravo, Tamps. p. 32.
21. MORENO MARTINEZ, E. Y M. GIL GUTIERREZ. 1990. Aspergillus -- flavus y la producción de aflatoxinas. CENICCANDSA. México, D.F. 30 p.
22. ORTIZ CORNEJO, A. 1992. Manual de Procedimientos para el --- Análisis de Aflatoxinas. CENICCANDSA. México, D.F. 223 p.
23. PIER, A.C. 1987. Aflatoxicosis and immunosuppression in ---- mammalian animals. Ver referencia 5. pp. 58-65.
24. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la Lengua Española. - XIX Edición. Madrid, Esp. p. 717.

25. REYES H, J.S., H. VILLARREAL M., J. GARCIA O., R. NEIRA M. y-  
P. CRUZ P. 1990. Evaluación del programa piloto de ----  
asistencia técnica intensiva. Centro V DDR. 156, SARH. -  
Río Bravo, Tamps. 12 p.
26. REYES M., C.A., L.A. RODRIGUEZ B., R. SANCHEZ C., J.A. MORA-  
LES H., R. GARCIA V., R. GIRON C., I. GARZA C. Y A. RO--  
DRIGUEZ C. "Informe Técnico". Campo Exp. Río Bravo, ----  
INIFAP-SARH. Río Bravo Tamps. 12 p.
27. RODRIGUEZ B., L.A., R. GIRON C. Y C.A. REYES M. 1990. Infor-  
me sobre la situación de plagas y enfermedades del maíz-  
en el ciclo O-I. 1990. Campo Exp. Río Bravo-INIFAP-SARH.  
Río Bravo, Tamps. 3 p.
28. RODRIGUEZ B., L.A., R. GIRON C. e I. GARZA C. 1991. Informe -  
sobre el monitoreo de aflatoxinas en 70 parcelas de ----  
agricultores del Norte de Tamaulipas. Ciclo O-I 1991. --  
Campo Exp. Río Bravo, INIFAP-SARH. Río Bravo, Tamps. 3 p.
29. RODRIGUEZ B., L.A. Y R. GIRON C. 1992. Asociación interespe-  
cífica entre insectos que atacan la mazorca de maíz en -  
el Norte de Tamaulipas. Memorias XXII Cong. Nac. Entom.,  
S.L.P., Méx. p. 210.

30. S.A.R.H. 1988. Cuadro básico de recomendaciones técnicas de insumos, Ciclo 0-I 87-88. Delegación Regional Tamaulipas Norte. Cd. Reynosa, Tamps. 58 p.
31. S.A.R.H. 1991. Cuadro básico de insumos y recomendaciones -- técnicas para los cultivos regionales. Delegación Regional Tamaulipas Norte. Cd. Reynosa, Tamps. 102 p.
32. S.A.R.H. 1991. Concentrado de estadísticas de los cultivos - de los distritos de riego del Norte de Tamaulipas. Unidad de Normatividad Agrícola, Delegación Regional Tamaulipas Norte. Cd. Reynosa, Tamps.
33. S.A.R.H. 1989-1992. Tablas generales de Producción y rendimiento. Unidad de Hidrometría y Estadística, CNA. Distrito de riego 025, Control, Matamoros, Tamps.
34. SECRETARIA DE SALUD. 1992. Control de las aflatoxinas del maíz de Tamaulipas. Programa del ciclo primavera-verano de 1992. Tamaulipas. 51 p.
35. SSA/CONSAUPO/BORUCONSA/ANDSA/1992. Curso de capacitación para el análisis de aflatoxinas en la recepción del maíz - perteneciente al ciclo de cosecha primavera-verano 1992, en el Estado de Tamaulipas. 11 p.

36. SAUER, D.B. 1987. Conditions that affect growth of Aspergillus flavus and production of aflatoxin in stored maize. Ver referencia 5. pp. 41-47.
37. STAKMAN, E.C. Y J.G. HARRAR 1977. Principios de Patología -- Vegetal. Tercera Edición, EUDEBA, B.A. Arg. pp. 88-93.
38. ULLSTRUP, A.J. 1965. Algunas podres de la mazorca de maíz. - En: Enfermedades de las plantas. Ed. Herrero, S.A. 2a. - Ed. Méx., D.F. pp. 451-454.
39. VAQUEIRO, C. Y J.C. MORALES 1975. Aflatoxinas. Rev. Tecnología de Alimentos, (Méx.) 10:50-58.
40. VICAM, SCIENCE AND TECHNOLOGY Sin fecha. Aflatest, Mycotoxin Testing System. Epico Inc., San Antonio, Texas. 5 p.
41. WIDSTROM, N.W. 1987. Breeding strategies to control aflatoxin contamination of maize through host plant resistance. Ver referencia 5. pp. 212-220.
42. WILSON, D.M. 1987. Detection and determination of aflatoxin in maize. Ver referencia 5. pp. 100-105.

A P E N D I C E



CUADRO No. 1A. SUPERFICIE Y RENDIMIENTO DE MAIZ Y SORGO EN EL AREA DE RIEGO EN TAMAULIPAS NORTE, DE 1972 A 1991.

AÑO	M A I Z		S O R G O		MAIZ Y SORGO
	SUP. SEMB. (Ha)	REND. (Ton/Ha)	SUP. SEMB. (Ha)	REND. (Ton/Ha)	SUP SEMB. (Ha)
1992	94,742	2.12	198,671	1.17	293,413
1973	87,411	3.23	201,570	3.05	288,981
1974	90,696	2.77	176,825	2.83	267,521
1975	86,056	2.13	206,881	2.56	292,937
1976	72,987	2.98	216,288	2.29	289,275
1977	139,989	2.45	134,084	2.64	274,073
1978	122,580	2.90	158,000	2.74	280,580
1979	116,420	3.67	151,786	3.32	288,208
1980	142,192	2.74	123,706	3.09	265,898
1981	122,585	3.68	169,607	3.60	292,192
1982	167,366	3.28	118,581	3.28	285,947
1983	158,944	3.02	122,096	2.63	281,040
1984	158,364	3.67	119,130	3.02	277,494
1985	148,574	4.08	126,051	3.13	274,625
1986	170,587	3.73	99,478	3.08	270,065
1987	129,130	2.68	144,057	3.09	273,187
1988	150,053	4.82	122,923	3.53	272,976
1989	167,240	2.67	101,733	3.05	268,973
1990	140,522	3.50	126,000	3.44	268,522
1991	79,404	3.63	138,187	3.70	217,591

Fuente: Unidad de Normatividad Agrícola, S. A. R. H. Tamaulipas Norte

Brecha 102, Cd. Reynosa, Tamps. (32).

CUADRO No. 2A. SUPERFICIE SEMBRADA Y RENDIMIENTOS MEDIOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN EL DISTRITO DE RIEGO 025, DE 1988 A 1992.

CULTIVO	CICLOS AGRICOLAS OTONO-INVIERNO o DE TEMPRANO				
	1988	1989	1990	1991	1992
<b>MAIZ</b>					
Sup.Sem. (ha)	83,579	99,780	83,196	53,775	56,805
Rto. (ton/ha)	4.76	2.6	3.28	3.30	5.44
<b>SORGO</b>					
Sup.Sem. (ha)	106,015	93,743	107,603	116,454	126,259
Rto. (ton/ha)	3.51	3.05	3.36	3.19	3.46
<b>TRIGO</b>					
Sup.Sem. (ha)	-	189	281	-	6,889
Rto. (ton/ha)	-	1.18	1.74	-	1.35
<b>OKRA</b>					
Sup.Sem. (ha)	3,141	2,349	3,398	3,567	4,188
Rto. (ton/ha)	6.58	4.44	6.17	6.7	6.05
<b>ALGODON</b>					
Sup.Sem. (ha)	789	389	1,702	22,113	2,993
Rto. (ton/ha)	2.39	1.70	2.65	2.21	1.71
<b>PASTOS</b>					
Sup.Sem. (ha)	1,027	905	900	666	1,466
Rto. (ton/ha)	-	-	-	-	-
<b>VARIOS</b>					
Sup.Sem. (ha)	13,716	8,442	7,773	7,285	5,589
<b>TOTAL</b>	<b>208,267</b>	<b>205,797</b>	<b>204,853</b>	<b>203,860</b>	<b>204,199</b>
Sup.Sem (ha)					

Fuente: Area de Estadística, Distrito de Riego 025, S. A. R. M.  
Control, Matamoros, Tamps. (22).

CUADRO No. 3A. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LAS PRINCIPALES AFLATOXINAS.

CARACTERISTICAS	AFLATOXINAS					AFLATOXICOL
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	
FORMULA QUIMICA	$C_{17}H_{12}O_6$	$C_{17}H_{14}O_6$	$C_{17}H_{12}O_7$	$C_{17}H_{14}O_7$	$C_{17}H_{12}O_7$	$C_{17}H_{16}O_6$
PESO MOLECULAR	312	314	328	310	330	314
PUNTO DE FUSION(°C)	268a 269D	267a 269D	244a 249D	230	290D	230a 234
ABSORCION ULTRAVIOLETA n m (E)	223 (25,800)	220 (29,500)	243 (11,500)	217 (28,000)	226 (23,100)	
EN ETANOL	285 (23,400)  362 (21,800)	220 (20,500)  363 (24,000)	243 (11,500)  25	217 (28,000)	226 (23,100)	
FLUORESCENCIA	425 n m	425 n m	450 n m	425 n m	425 n m	425 n m

Fuente: Cole y Cox 1981 originalmente,  
y tomado de Moreno y Ortiz (21)

\*D = Desaparición

CUADRO No. 4A. NIVELES PERMISIBLES DE AFLATOXINAS DE MAIZ EN LOS ESTADOS UNIDOS (FDA), SEGUN SU USO.

p.p.b. (microg./kg)	U	S	O	S
Hasta 20	Alimentación humana, de animales jóvenes, de animales lecheros y uso no determinado.			
Hasta 100	Alimentación de animales reproductores de ganado bovino y porcino, o aves adultas.			
Hasta 200	Alimentación de cerdos en su etapa final de engorda.			
Hasta 300	Alimentación de ganado bovino en su etapa final de engorda.			

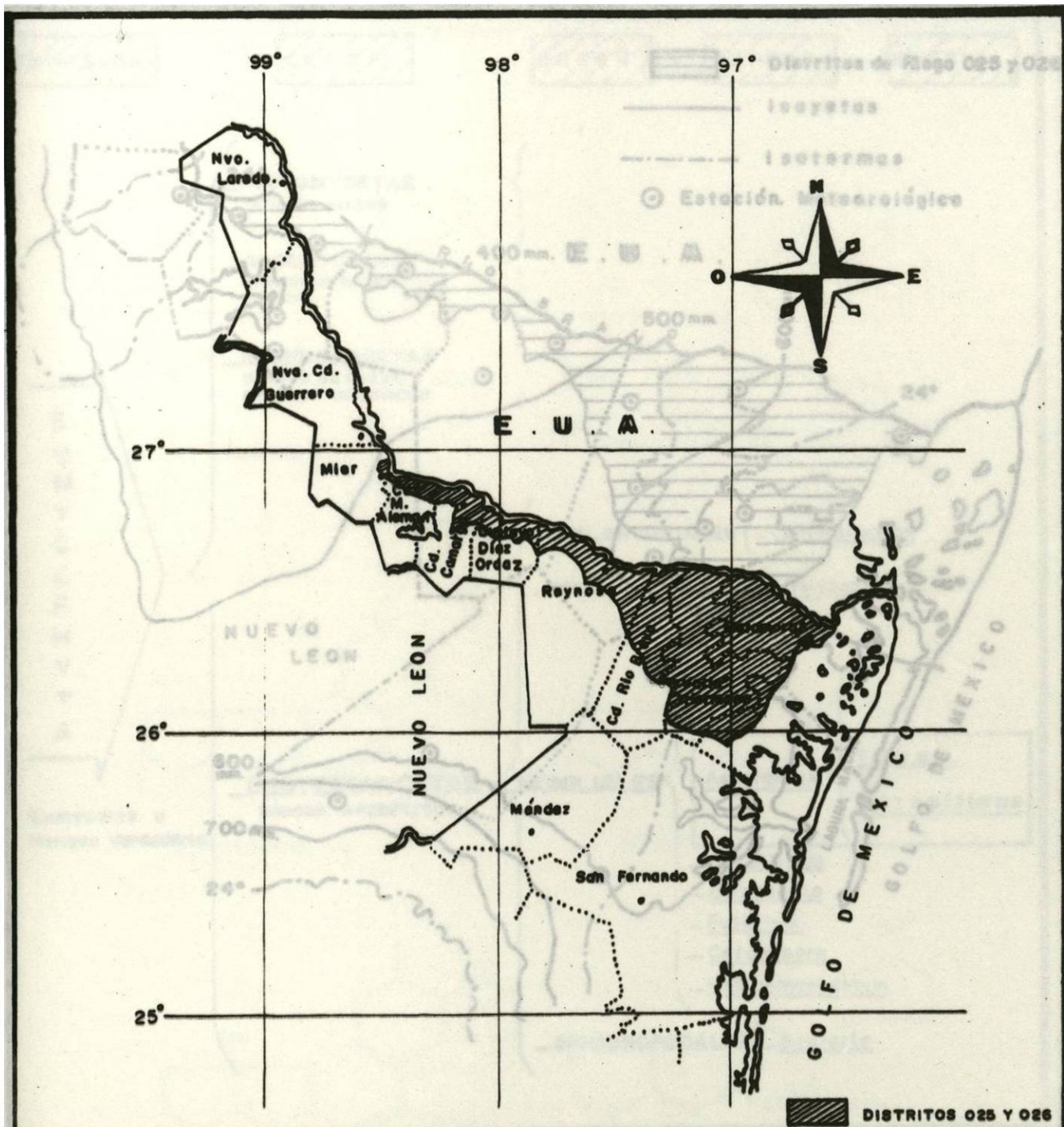
Fuente: Citas Bibliográficas (19) y (21)

CUADRO No. 5A. RELACION DE FECHA DE SIEMBRA Y RENDIMIENTO DE MAIZ EN AREA DE RIEGO DEL NORTE DE TAMAULIPAS EN EL CICLO AGRICOLA OTONO-INVIERNO 1989 - 1990.

PERIODO DE SIEMBRA	SUPERFICIE COSECHADA (ton)	PRODUCCION (ton)	RENDIMIENTO MEDIO (ton/ha)
del 20 de enero al 11 de febrero	1,008	4,284	4.23
del 12 al 25 de febrero	753	2,500	3.32
del 26 de febrero al 15 de marzo	2,339	7,111	3.04
<b>T O T A L</b>	<b>4,100</b>	<b>13,875</b>	<b><math>\bar{x}</math> 3.38</b>

Fuente: Reyes *et al.*, BARN (25)

NOTA: Datos específicos del Plan Piloto de Asistencia Técnica Directa, Centro de Apoyo V del Distrito de Desarrollo Rural 156 "Control".



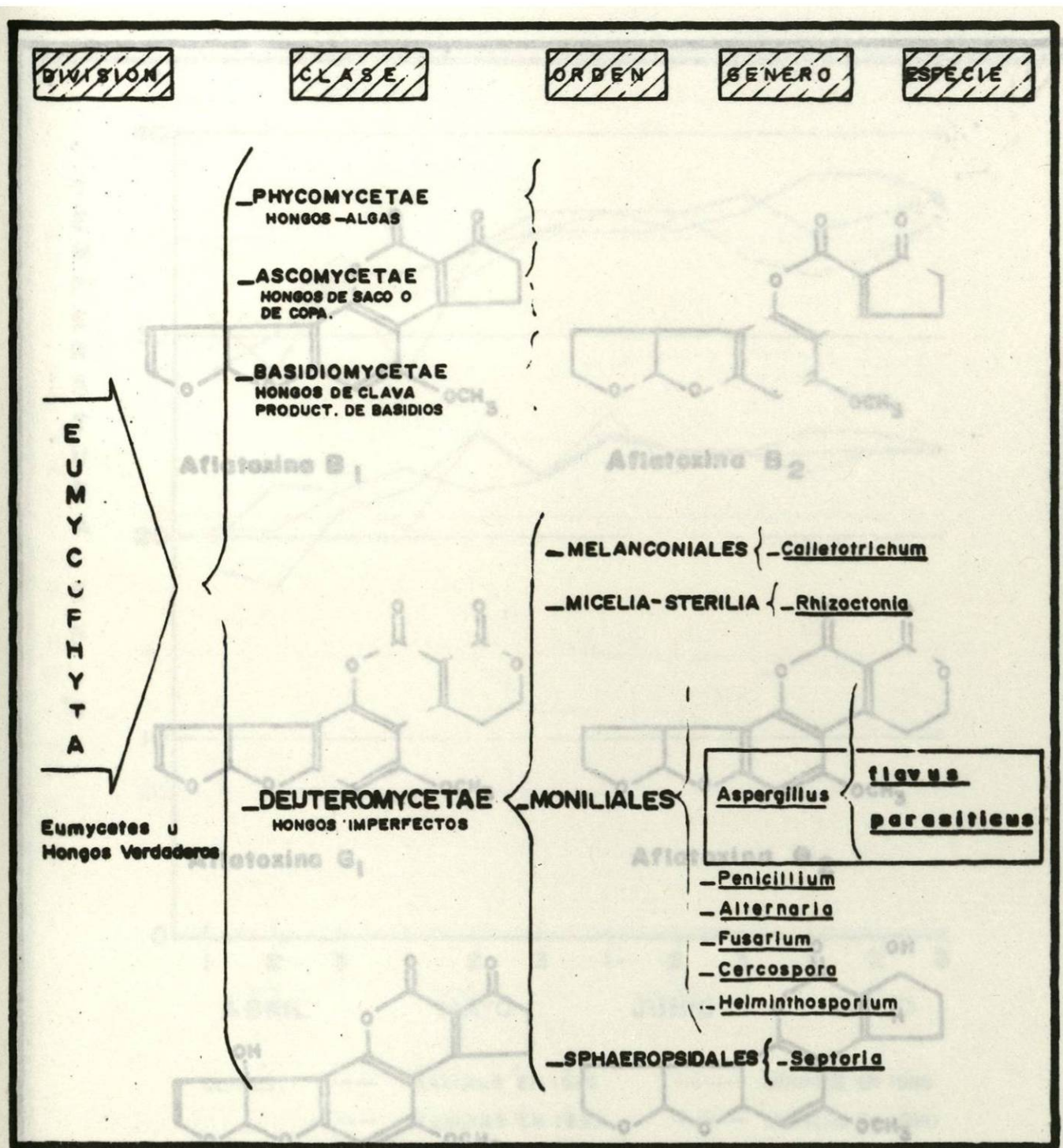
ORIGINAL CALCADO DE UN MAPA DE DIVISION POLITICA DEL ESTADO DE TAMAULIPAS CON EL TRAZO APROXIMADO DEL AREA DE RIEGO CON LA COLABORACION PERSONAL DEL C. GILBERTO HERNANDEZ T.

**FIGURA.IA-LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA NORTE DEL ESTADO DE TAMAULIPAS.**





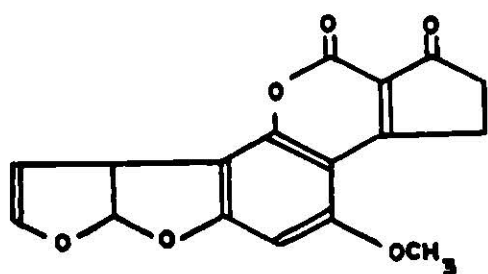
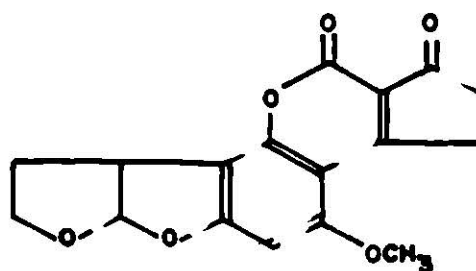
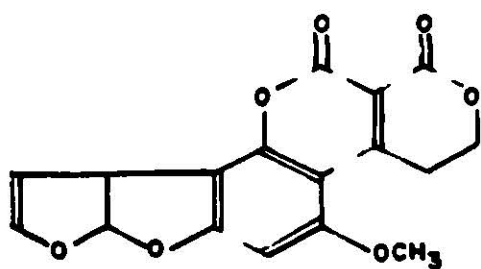
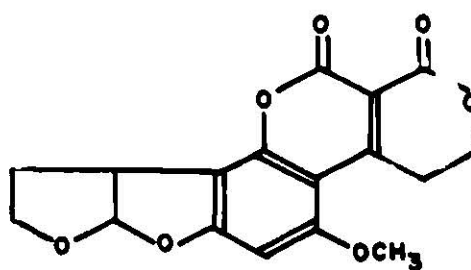
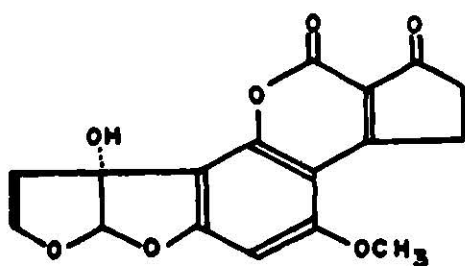
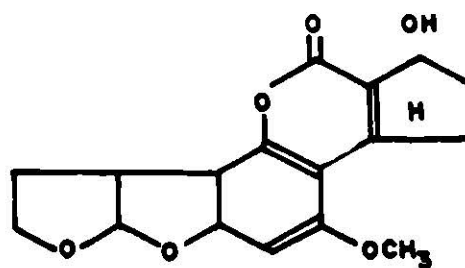




DIBUJO CON LA COLABORACION PERSONAL DEL C. Gilberto Hernández T.

FUENTES: Según clasificación de Smith y citado por Stekman y Marras (36); a partir de los órdenes, tomado de González (14).

FIGURA.3A: SINOPSIS GENERAL DE LA UBICACION SISTEMATICA DE LOS HONGOS DEL GENERO Aspergillus.

Aflatoxina B<sub>1</sub>Aflatoxina B<sub>2</sub>Aflatoxina G<sub>1</sub>Aflatoxina G<sub>2</sub>Aflatoxina M<sub>1</sub>

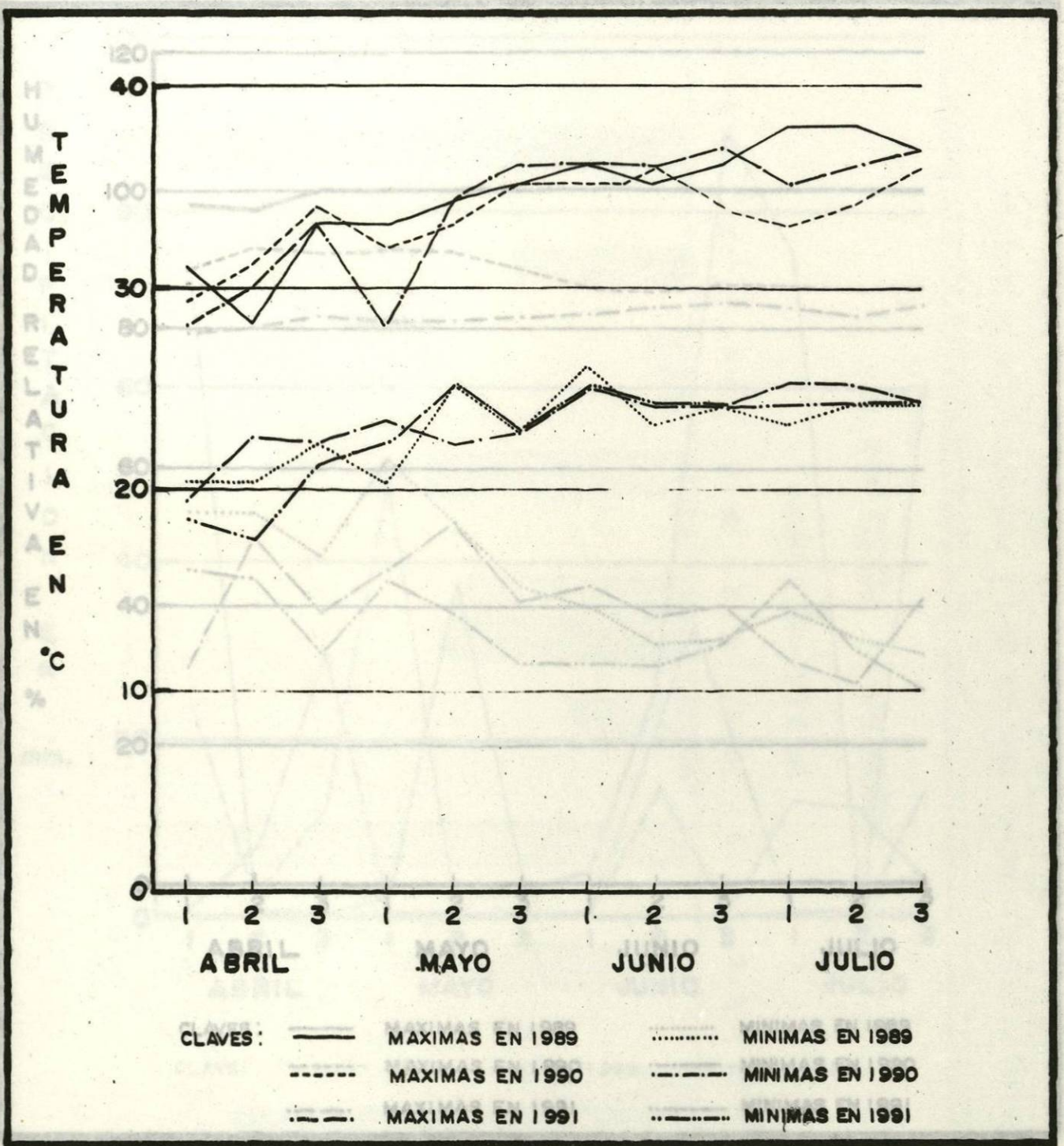
Aflatoxicol

FUENTES: CITAS BIBLIOGRAFICAS (21) Y (3)

DIBUJO: Gilberto Hernandez T.

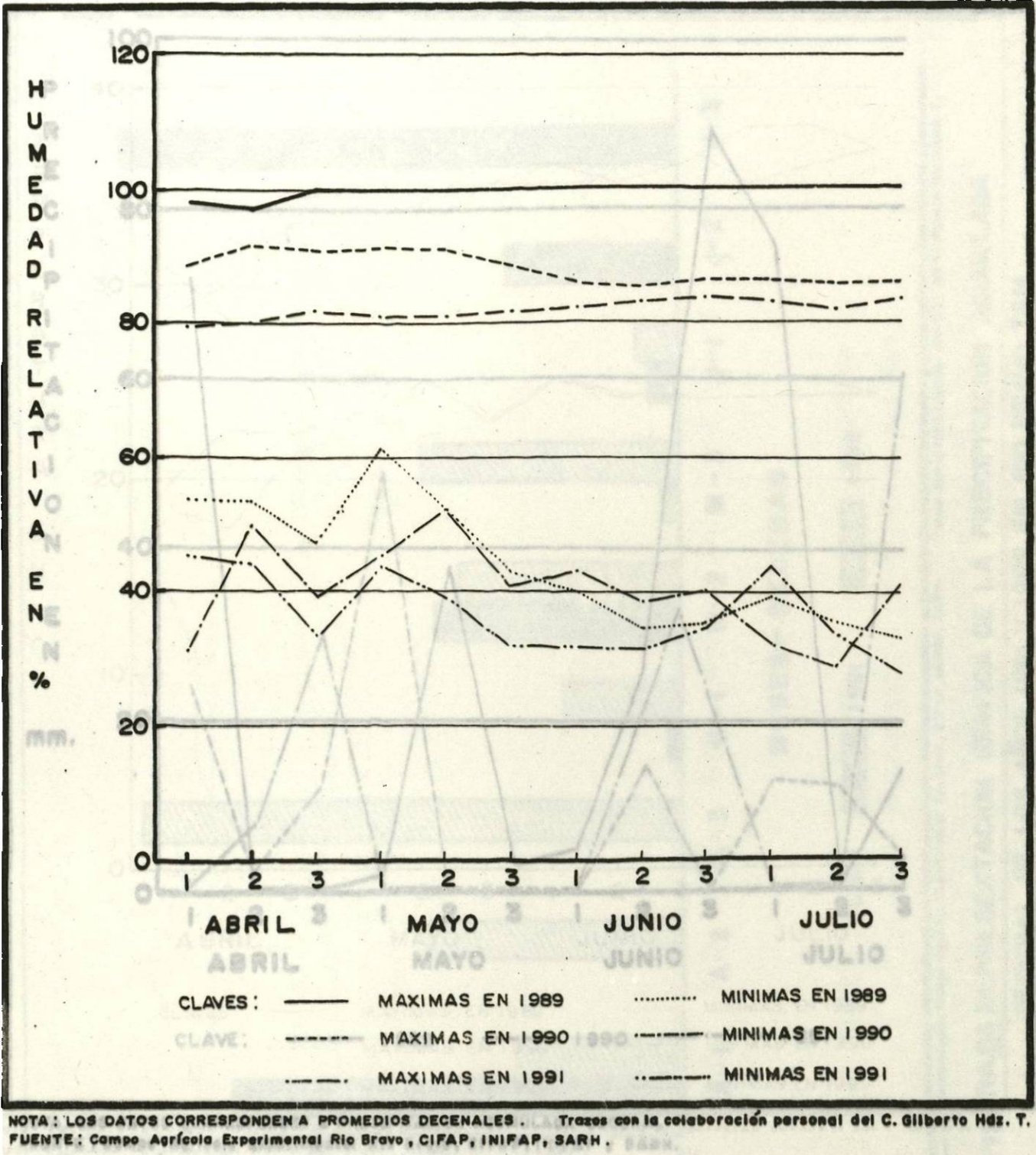
FIGURA 4A ESTRUCTURA MOLECULAR DE LAS AFLATOXINAS





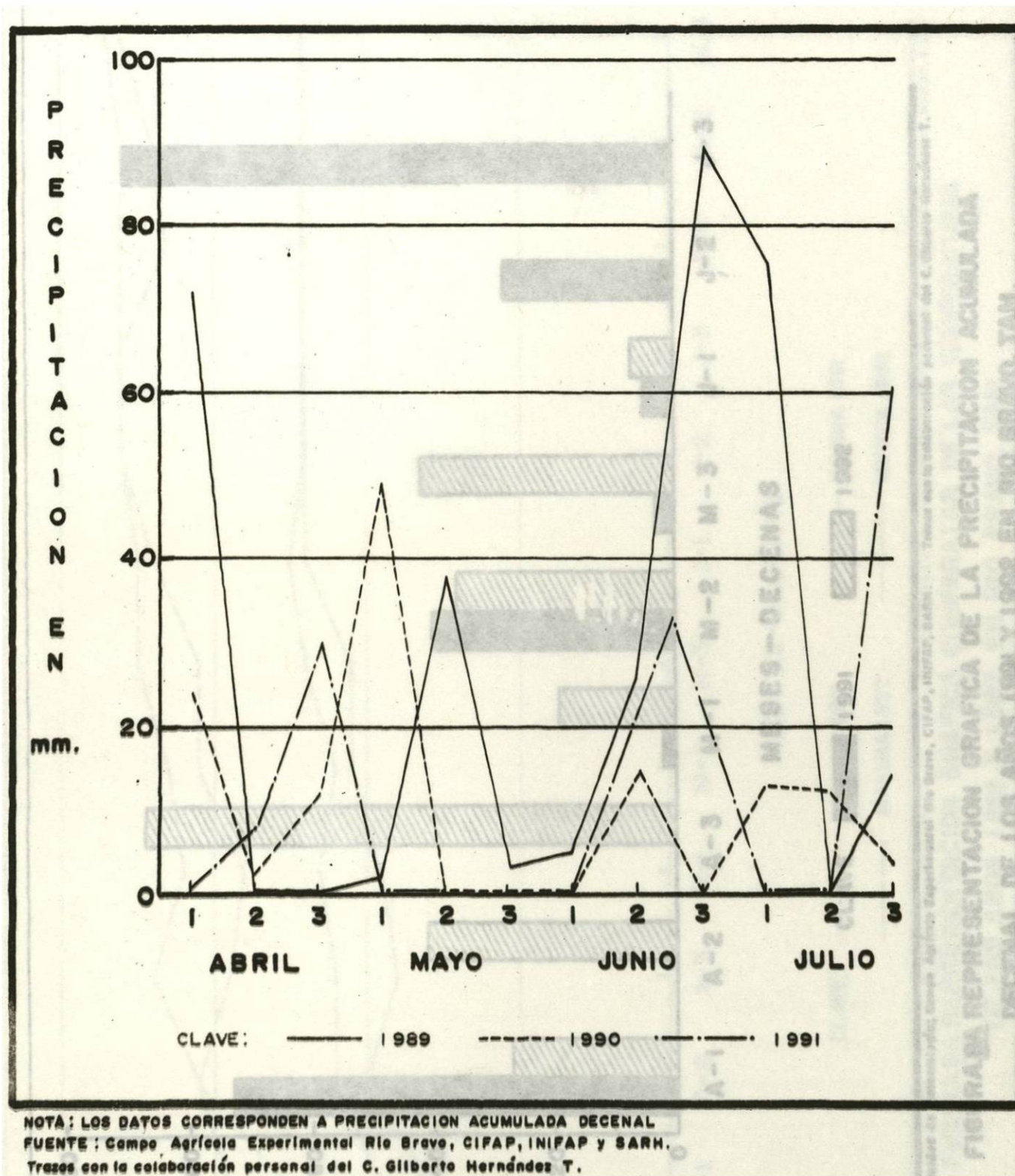
NOTA: LOS DATOS CORRESPONDEN A PROMEDIOS DECENALES. Trazos con la colaboración personal del C. Gilberto Méz. FUENTE: Campo Agrícola Experimental Rio Bravo, CIFAP, INIFAP, SARH.

**FIGURA 5A REPRESENTACION GRAFICA DE LA TEMPERATURA EN LOS AÑOS 1989, 1990 Y 1991 EN RIO BRAVO, TAM.**

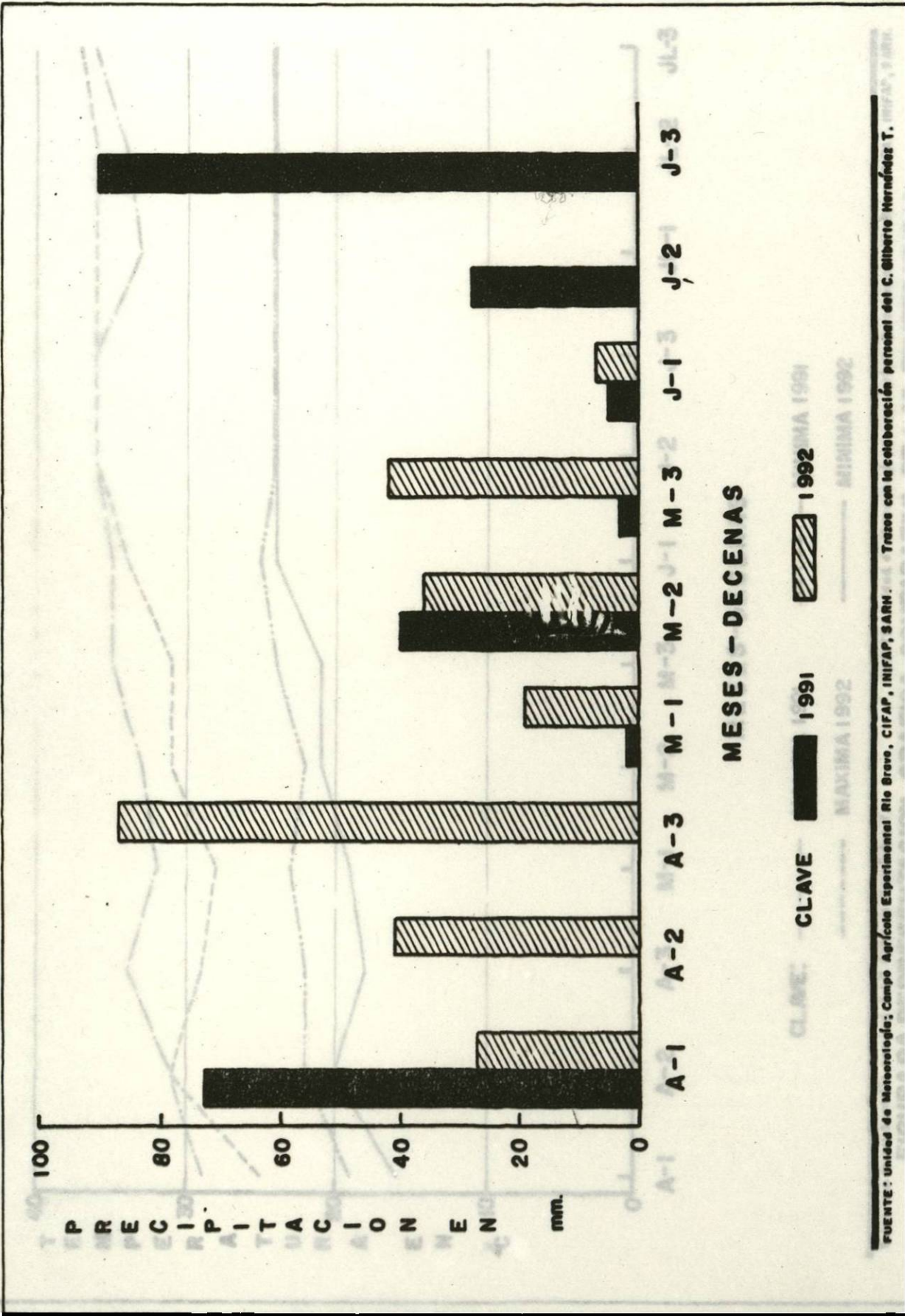


**FIGURA 6A REPRESENTACION GRAFICA DE LA HUMEDAD RELATIVA DE LOS AÑOS 1989, 1990 Y 1991 EN RIO BRAVO, TAM.**





**FIGURA.7A REPRESENTACION GRAFICA DE LA PRECIPITACION EN LOS AÑOS 1989, 1990 Y 1991 EN RIO BRAVO, TAM.**



**FIGURA 8A REPRESENTACION GRAFICA DE LA PRECIPITACION ACUMULADA DECENAL, DE LOS AÑOS 1991 Y 1992 EN RIO BRAVO, TAM.**

FUENTE: Unidad de Meteorología; Campo Agrícola Experimental Rio Bravo, CIFAP, INIFAP, SARN. Trazos con la colaboración personal del C. Gilberto Hernández T. (INIFAP, SARN).





