

Inspección de aflatoxinas en maíz cultivado, almacenado y transportado en el estado de Tamaulipas, México, en 1998

Introducción

Desde la década de los años sesenta se ha cultivado maíz en el norte de Tamaulipas, principalmente en condiciones de riego. Sin embargo, varios factores ambientales y fitosanitarios han contribuido a que la producción regional sea inestable e impredecible (Rodríguez del Bosque *et al.*, 1995). En 1989, las condiciones de sequía y las altas temperaturas que se presentaron en este estado afectaron el crecimiento normal de las plantas y promovieron un desarrollo elevado de plagas y enfermedades, así como la presencia de aflatoxinas con una incidencia y concentración inusuales (Moreno y Gil, 1991; Rodríguez del Bosque *et al.*, 1992). Según Lillehoj (1983), Payne *et al.* (1988) y Payne (1992) estos factores de sequía y altas temperaturas favorecen la contaminación del grano con aflatoxinas. Debido a las condiciones bajo las cuales las micotoxinas se forman, tanto en la planta en pie como durante estados posteriores, cosecha, transporte, almacenamiento y utilización, la presencia de aflatoxinas es inevitable en algunos lotes de maíz y no está limitada a una región climática o geográfica. Por lo anterior, en muchos países importadores o exportadores de maíz, diversas agencias gubernamentales, involucradas en la sanidad de los alimentos, han establecido límites para regular estas y otras micotoxinas en la cadena alimentaria.

En la época en la que fue realizada la presente inspección, en México no existía una norma oficial que regulara los límites de aflatoxinas, por lo que las agencias gubernamentales y privadas involucradas en la comercialización y utilización del grano habían adoptado las normas establecidas en otros países, principalmente las de United States Food and Drug Administration (USFDA, 1988) que coincidían en muchos aspectos con las de la Comunidad Económica Europea (European Economic Community, 1991) y que aceptaban límites máximos de aflatoxinas totales en el grano de maíz para consumo humano de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Actualmente la Comunidad Europea acepta límites de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de aflatoxina B1 y 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de aflatoxinas totales (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002) y en México, la Norma Oficial Mexicana (NOM-188-SSA1-2002) establece un límite máximo permisible de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de aflatoxinas totales en los cereales para consumo humano y animal (*Diario Oficial de la Federación*, 2002)

La ahora extinta Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), en los proyectos de compras de grano de sus programas de abasto para consumo humano nacional, verificaba diversos factores para garantizar los estándares de calidad y uniformidad establecidos en su legislación y uno de esos parámetros era la determinación de aflatoxinas.

El objetivo de este trabajo fue conocer los niveles de aflatoxinas en los diferentes lotes de maíz almacenados para CONASUPO en Tamaulipas, mediante una inspección amplia de diferentes almacenamientos manejados por diversas agencias y compararlos entre sí para conocer la calidad, con respecto a contaminación con aflatoxinas, del maíz que se consumió o que distribuyó CONASUPO en 1998 en el estado de Tamaulipas. También se buscó conocer los niveles de contaminación del grano en la planta en pie, en ese mismo año, en ocho municipios del norte del estado.

Materiales y métodos

Grano. Maíz almacenado a granel: blanco nacional, amarillo nacional y amarillo importado, cosechas 97/97, 97/98 y 98/98. *Maíz colectado en el campo:* blanco nacional cosecha 98/98.

Muestreo. El muestreo y el equipo de muestreo usados para el maíz almacenado o en tránsito fueron los recomendados para maíz por la misma CONASUPO (1999), así como por la Norma Oficial Mexicana para muestreo para inspección por atributos NOM-Z-12/1-1987 y NMX-Z-012/2-1987 (*Diario Oficial de la Federación*, 1987) y por Federal Grain Inspection Service (FGIS) (USDA, 1995). El tamaño de la muestra dependió del volumen por analizar tomando en consideración lo sugerido por AOAC International (1995).

Para el grano almacenado se planearon muestreos semanales, que se iniciaron la segunda semana de enero y se terminaron la última semana de octubre de 1998.

Del grano almacenado o en tránsito se obtuvieron 59 muestras (100%) (118 074 ton), de las cuales 42 (71.2%) fueron de maíz blanco nacional (112 452 ton) y de éstas 10 (16.9%) provenían de la cosecha 97/97, 23 (38.9%) de la cosecha 97/98 y 9 (15.3%) de la cosecha 98/98. La ubicación de donde se obtuvieron estas muestras fue: de bodegas, 35 (59.3%) de maíz blanco nacional (35 525 ton), 10 (16.9%) provenían de la cosecha 97/97, 21 (35.6%) de la cosecha 97/98 y 4 (6.8%) de la cosecha 98/98. Tres muestras (5.1%) fueron obtenidas de silos (10 833 ton), dos (3.4%) de la cosecha 97/98 y una (1.7%) de la cosecha 98/98. Cuatro muestras (6.8%) de la cosecha 98/98, fueron muestras de grano en tránsito (66 094 ton), colectadas en buques graneleros procedentes de Topolobampo, Sinaloa. Además, se obtuvieron 10 muestras (16.9%) de maíz amarillo nacional (911 ton), cosecha 97/98, almacenado en bodegas y siete muestras (11.9%) de maíz amarillo importado (4 711 ton), cosecha 98/98, cinco (8.5%) de las cuales fueron obtenidas de bodegas y dos (3.4%) de silos (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Aflatoxinas en maíz, almacenado o transportado, en Tamaulipas: Porcentaje con respecto al número de muestras

Tipos de maíz		Cosechas	Muest. analiz.	% Total muest.	% Tipo maíz	% Total /cos.	% ubic. cont.	Muest. cont.	% Total muest.	% Total muest./cont.	% tipo maíz/cont.	% Total /cos/cont.	% Total maíz/ubic. maíz/cont.
TOTAL			59	100.0				33	55.9	100.0			
MBN total			42	71.2	100.0			25	42.4	75.6	59.5	100	
MBN		97/97	10	16.9	23.8	100.0		5	8.5	15.2	11.9	20	50.0
MBN		97/98	23	38.9	54.8	100.0		12	20.3	36.4	28.6	48.0	52.2
MBN		98/98	9	15.3	21.4	100.0		8	13.6	24.2	19.0	32.0	88.9
UBICACIÓN													
MBN bodegas total			35	59.3	83.3		100.0	18	30.5	54.5	42.6	72.0	51.4
MBN bodegas		97/97	10	16.9	23.8	100.0	28.6	5	8.5	15.2	11.9	20.0	14.3
MBN bodegas		97/98	21	35.6	50.0	91.3	57.1	10	16.9	30.3	23.8	40.0	47.6
MBN bodegas		98/98	4	6.8	9.5	44.4	14.3	3	5.1	9.1	7.1	12.0	8.6
MBN silos Total			3	5.1	7.1		100.0	3	5.1	9.1	7.1	12.0	100.0
MBN silos		97/98	2	3.4	4.8	8.7	66.7	2	3.4	6.1	4.8	8.0	100.0
MBN silos		98/98	1	1.7	2.4	11.1	33.3	1	1.7	3.0	2.4	4.0	100.0
MBN buques graneros total			4	6.8	9.5	44.4	100.0	4	6.8	12.1	9.5	16.0	44.4
MA total			17	28.8	100.0			8	13.5	24.2	47.1	100.0	
MAN total		97/98	10	16.9	58.8	100.0		2	3.4	6.1	11.8	25.0	20.0
MAI total		98/98	7	11.9	41.2	100.0		6	10.2	18.2	35.3	75.0	85.7
UBICACIÓN													
MAN bodegas total			10	16.9	58.8	100.0	100.0	2	3.4	6.1	11.8	25.0	20.0
MAI bodegas		98/98	5	8.5	29.4	71.4	71.4	4	6.8	12.1	23.5	50.0	51.7
MAI silos		98/98	2	3.4	11.8	28.6	28.6	2	3.4	6.1	11.8	25.0	28.6

MBN = maíz blanco nacional, MA = maíz amarillo, MAN = maíz amarillo nacional, MAI = maíz amarillo importado, cont. = contaminado
 Muest. = Muestra, analiz. = analizadas, ubic. = ubicación, cos. = cosecha

Cuadro 2. Aflatoxinas en maíz, almacenado o transportado, en Tamaulipas: Porcentaje con respecto al volumen

Tipos de maíz	Cosecha	Volumen (ton)	% volumen	Volumen contaminado (ton)	% Volumen contaminado
Total		118 074	100.0	111 777	94.7
MBN total		112 452	95.2	107 072	95.2
MBN	97/97	1 496	1.3	901	60.2
MBN	97/98	38 110	32.3	34 188	89.7
MBN	98/98	72 846	61.7	70 956	97.4
Ubicación					
MBN bodegas total		35 525	30.1	29 118	82.0
MBN bodegas	97/97	1 496	1.3	901	60.2
MBN bodegas	97/98	32 138	27.2	28 216	87.8
MBN bodegas	98/98	1 891	1.6	1	0.1
MBN silos total		10 833	9.2	10 833	100.0
MBN silos	97/98	5 972	5.1	5 972	100.0
MBN silos	98/98	4 861	4.1	4 861	100.0
MBN buques graneleros total	98/98	66 094	56.0	66 094	100.0
MA total		5 622	100.0	4 705	83.7
MAN total	97/98	911	16.2	98	10.8
MAI total	98/98	4 711	83.8	4 607	97.8
Ubicación					
MAN Bodegas total	97/98	911	16.2	98	10.8
MAI Bodegas total	98/98	585	10.4	481	82.2
MAI Silos total	98/98	4 126	73.4	4 126	100.0

MBN= maíz blanco nacional, MA= maíz amarillo, MAN= maíz amarillo nacional, MAI= maíz amarillo importado

Las 18 muestras de campo, cosecha 98/98, fueron obtenidas en cuatro muestreos realizados en el mes de junio, según el diseño llamado ficha de dominó en la normatividad de CONASUPO (1999). Diez mazorcas por muestra, una muestra por parcela, varias parcelas por municipio: 8 de San Fernando, 2 de Valle Hermoso, 2 de Río Bravo, 2 de Reynosa, 1 de Matamoros, 1 de Gustavo Díaz Ordaz, 1 de Miguel Alemán y 1 de Camargo.

Análisis. Se determinaron aflatoxinas totales siguiendo el método de inmunoensayo 991.31 de AOAC International (1995) que es un método oficial para esa asociación y también para Federal Grain Inspection Service (USDA, 1999).

Resultados y discusión

Respecto al grano almacenado o en tránsito, en los cuadros 1 y 2 se presentan los números, y sus porcentajes, de muestras analizadas o volúmenes que representan,

evidenciando aquellas contaminadas y destacando los tipos de maíz, años de cosecha y ubicaciones.

Se determinaron aflatoxinas en 33 de las 59 muestras analizadas, esto es, 55.9% del total de las muestras (Cuadro 1); 111 777 ton, 94.7% del volumen total de maíz estuvo contaminado (Cuadro 2).

El mayor número de muestras analizadas, que también representan el mayor volumen, fue de maíz blanco nacional (42 de 59 muestras, 71.2%) (112 452 de 118 074 ton, esto es, 95.2%) (Cuadros 1 y 2).

Con relación al tipo de maíz, 25 de las 42 muestras de blanco nacional resultaron positivas en el análisis de aflatoxinas, esto es, 59.5% del total del maíz blanco y 42.4% de todo el maíz. Estas 25 muestras representan el 75.6% del total de muestras contaminadas (33). Considerando los volúmenes de grano analizados, las 25 muestras contaminadas representan 107 072 ton, lo que significa que el 95.2% del volumen total de maíz blanco estuvo contaminado y 91% de todo el grano analizado (Cuadros 1 y 2).

Las épocas de cosecha son importantes porque manifiestan el periodo de almacenamiento del grano, y si éste fue desfavorable, la posibilidad de alteraciones en su calidad, incluyendo formación de aflatoxinas. De la cosecha 97/97 se obtuvieron 10 muestras que representan un volumen de 1 496 ton, cinco de estas muestras, 50% (901 ton) estuvieron contaminadas, esto es, 20% del total del maíz blanco contaminado, 11.9% de todas las muestras de maíz blanco, 15.2% del total de las muestras contaminadas y 8.5% de todo el maíz analizado. En el caso de la cosecha 97/98 se obtuvieron 23 muestras (38 110 ton), 12 de las cuales (34 188 ton) estuvieron contaminadas, esto es, 89.7% del volumen analizado de esta cosecha estuvo contaminado. Es notable que de las nueve muestras obtenidas (72 846 ton), de la cosecha 98/98, ocho (70 956 ton) estuvieron contaminadas, 97.4% del volumen, desde el punto de vista del número de muestras, 88.9% fueron las contaminadas, esto es, 32% de todas las de maíz blanco, 19% de aquellas de maíz blanco contaminadas, 24.2% con respecto a todo el maíz contaminado y 13.6 % respecto a todas las muestras de maíz (Cuadros 1 y 2).

Considerando las ubicaciones, en todas se identificaron muestras contaminadas con aflatoxinas. Treinta y cinco (35 525 ton) fueron obtenidas de bodegas, de éstas, 18 (72%) (29 118 ton, 82%) estuvieron contaminadas, 51.4% del total del maíz blanco almacenado en bodegas, 54.5% del total de las muestras contaminadas, 42.6% de todas las muestras de maíz blanco, 30.5% de todo el maíz analizado. Tomando en cuenta las épocas de cosecha, en estas condiciones (almacenado en bodegas), de la cosecha 97/97, cinco muestras estuvieron contaminadas, esto es, 14.3% y 27.8% de las contaminadas; de la cosecha 97/98 se obtuvieron 21 muestras (32 138 ton), 10 (28 216 ton, 87.8%) de las cuales estuvieron contaminadas, esto es, 47.6% del total, 40% de las de maíz blanco contaminado y 55.6% de todo el maíz contaminado en bodegas. De las cuatro muestras en bodega de la cosecha 98/98, tres estuvieron contaminadas, aproximadamente una tonelada (0.1%) (Cuadros 1 y 2).

Las tres muestras obtenidas de silos (10 835 ton) estuvieron contaminadas (Cuadros 1 y 2).

Con respecto al grano transportado, las cuatro muestras obtenidas provinieron de buques graneleros (66 094 ton) y en todas ellas se determinaron aflatoxinas (Cuadros 1 y 2).

De maíz amarillo, se obtuvieron muestras tanto de origen nacional como importado.

De las 10 muestras de maíz amarillo nacional (911 ton), todas de la cosecha 97/98, almacenado en bodegas, solamente en dos (98 ton) se determinaron aflatoxinas (Cuadros 1 y 2).

Del maíz amarillo importado, todo de la cosecha 98/98, en 6, (4 607 ton) de las siete muestras (4 711 ton) analizadas, se determinaron aflatoxinas. Cuatro de las cinco muestras obtenidas de bodegas y las dos de silos estuvieron contaminadas (Cuadros 1 y 2).

Los niveles de aflatoxinas determinados fueron, para el maíz blanco nacional de trazas, menos de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ a 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, para el maíz amarillo nacional alrededor de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y para el importado de 1 a 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Estos valores están por abajo de aquellos establecidos por la norma oficial mexicana y por las normas de nuestros socios comerciales en el tratado de libre comercio para América del Norte para la comercialización del grano (20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ aflatoxinas totales); sin embargo, se debe

Cuadro 3. Niveles de aflatoxinas en maíz colectado en el campo, en la época de la cosecha en ocho municipios del norte de Tamaulipas

Municipios	Núm. de parcela	Aflatoxinas ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
San Fernando	1	trazas
	2	11
	3	14
	4	22
	5	43
	6	130
	7	50
	8	184
Valle Hermoso	9	45
	10	42
Río Bravo	11	47
	12	98
Reynosa	13	219
	14	233
Matamoros	15	20
Gustavo Díaz Ordaz	16	116
Miguel Alemán	17	trazas
Camargo	18	26

enfatar que la Comunidad Europea ha establecido una norma de 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para aflatoxinas totales y 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para aflatoxina B1.

Por lo que se refiere al maíz colectado en los campos de cultivo, en todas las muestras fueron detectadas aflatoxinas, en 72 % de éstas los niveles determinados estuvieron por arriba de los establecidos en las normas nacionales y de otros países para la comercialización del grano (20 a 233 $\mu\text{g}/\text{kg}$), muestras provenientes de San Fernando, Valle Hermoso, Río Bravo, Reynosa, Matamoros, Gustavo Díaz Ordaz, Camargo. En algunas muestras provenientes de San Fernando y Miguel Alemán estos niveles estuvieron por abajo de los establecidos por las normas (trazas a 14 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Cuadro 3).

Conclusiones

Independientemente del tipo de maíz, año de cosecha y ubicación de donde fueron obtenidas, un gran porcentaje de muestras se encontró contaminado con aflatoxinas.

En el caso del grano almacenado o en tránsito es importante destacar que, a pesar de que los niveles de aflatoxinas estuvieron "dentro de norma" y el grano fue considerado apto para su comercialización, 56% de las muestras estuvieron contaminadas; esto, aunado al hecho de que el efecto de las aflatoxinas es acumulativo en los sistemas biológicos en los que han sido estudiadas, debe inducir a las agencias involucradas en la sanidad de los alimentos, tanto públicas como privadas, a tomar medidas con relación a la inocuidad del grano. Debido a las condiciones en las que se producen las aflatoxinas, es inevitable encontrar algunos lotes contaminados y, en el caso del maíz nacional, la o las autoridades competentes deberán tomar las medidas pertinentes para resolver el problema y podrían tomar en cuenta la discusión al respecto en párrafos anteriores.

Es importante poner mayor atención a la calidad del maíz amarillo que se importa, ya que los resultados demostraron que a pesar de los bajos niveles determinados de aflatoxinas, el número de muestras fue muy alto, casi 86%, y considerando el volumen, es de casi 98% del mismo. Es importante reflexionar en el riesgo sanitario que representa la importación de maíz con estas características para una población con niveles de nutrición cada día más bajos, por lo que es necesario seguir realizando este tipo de inspecciones para evitar que las aflatoxinas lleguen a la población.

Los resultados obtenidos en las muestras de campo fortalecen las opiniones que promueven el muestreo, para determinar aflatoxinas en maíz en los mismos campos de cultivo; en especial para aquellas zonas que presenten factores ambientales y fitosanitarios similares a los del maíz cultivado en el norte de Tamaulipas en 1989. Un beneficio adicional, resultado de estas inspecciones, sería delimitar las áreas en las que se presenta el problema con mayor frecuencia y así conocer otros factores importantes en la formación de aflatoxinas en maíz en México.

Literatura citada

- AOAC INTERNATIONAL. 1995. AOAC Official Method 991.31 Aflatoxins in corn, raw peanuts and peanut butter: Immunoaffinity Column (Aflatest) method. First Action 1991. AOAC-IUPAC Method. In: AOAC International (ed.) *Official methods of analysis. Natural toxins*. Chapter 49, pp. 20-21.
- CONASUPO. 1999. *Manual de procedimientos para el análisis y certificación de productos agropecuarios*. México. 109 p.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. 2002. Reglamento (CE) N° 257/2002 de la Comisión de 12 de febrero de 2002 que modifica el Reglamento (CE) n° 194/97 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios y el Reglamento (CE) n° 466/2001, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, Bruselas.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 1987. Muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Información general y aplicaciones. Norma Oficial Mexicana (NMX-Z-12/1-1987) México, D.F.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 1987. Muestreo para inspección por atributos. Parte 2: Métodos de muestreo, tablas y gráficas. Norma Oficial Mexicana (NOM-Z-12/2-1987) México, D.F.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 2002. Productos y servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias. Norma Oficial Mexicana (NOM-188-SSA1-2002) México, D.F.
- EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY. 1991. European Economic Community Council Directive 91/126/EEC. Amending the annexes to Council Directive 74/63/EEC on undesirable substances and products in animal nutrition. *Official Journal European Communities* L 60.
- LILLEHOJ, B.E. 1983. Effect of environmental and cultural factors on aflatoxin contamination of developing corn kernels. In: U.L. Diener, R.L. Asquith and J.W. Dickens (eds.) *Aflatoxin and Aspergillus flavus in corn*. Series Bulletin 279.
- MORENO MARTÍNEZ, E. Y M. GIL GUTIÉRREZ. 1991. La biología de *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas. Coordinación de la Investigación Científica. Programa Universitario de Alimentos, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 42 p.
- PAYNE, G.A., L.D. THOMPSON, B.E. LILLEHOJ, S.M. ZUBER Y R.C. ADKINS. 1988. Effect of temperature on the preharvest infection of maize kernels by *Aspergillus flavus*. *Phytopathology* 78: 1376 -1380.
- PAYNE, G.A. 1992. Aflatoxin in maize. *Critical Reviews in Plant Sciences* 10: 423-440.
- RODRÍGUEZ DEL BOSQUE, L.A., C.A. REYES MÉNDEZ Y S. ACOSTA NÚÑEZ. 1992. Aflatoxin in corn in northeastern Mexico: effect of environment and cultural practices. *Fifth Aflatoxin Elimination Workshop*, Fresno, California.
- RODRÍGUEZ DEL BOSQUE, L.A., C.A. REYES MÉNDEZ, S. ACOSTA NÚÑEZ, J.R. GIRÓN CALDERÓN, I. GARZA CANO Y R. VILLANUEVA GARCÍA. 1995. Control de aflatoxinas en maíz en Tamaulipas. Folleto técnico 17. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México, D.F.
- USDA (US Department of Agriculture). 1995. *Grain inspection handbook*, Book I. Federal Grain Inspection Service. Packers and Stockyards Administration. 63 p.

- USDA (US Department of Agriculture). 1999. *Grain fungal diseases and mycotoxin Reference*. Federal Grain Inspection Service. Packers and Stockyards Administration. 54 p.
- US FDA (US Food and Drug Administration). 1988. Action levels for added poisonous or deleterious substances in food. *Notice, Federal Register 53*: 5043 – 5044.

REBECA MARTÍNEZ FLORES Y GENOVEVA GARCÍA AGUIRRE. Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM, Apartado postal 70-233, Del. Coyoacán, 04510 México, D.F.

JOSÉ MELGAREJO HERNÁNDEZ. Almacenadora Mercader, S.A. Av. 18 de Marzo 704, Col. La Nogalera, 44470 Guadalajara, Jalisco.

Recibido: 30.x.2002

Aceptado: 22.viii.2003