

comisión del codex alimentarius



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DE LA SALUD



S

OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00153 ROMA Tel: 39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Tema 9(d) del programa

**CX/CF 09/3/12
Febrero de 2009**

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS

Tercera reunión

Róterdam, Países Bajos, 23 – 27 de marzo de 2009

DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LAS MICOTOXINAS EN EL SORGO (Preparado por Túnez)¹,

Información general

En la 2ª reunión del Comité sobre Contaminantes presentes en los Alimentos, celebrado en La Haya, Países Bajos, del 31 d marzo al 4 de abril de 2008, se acordó establecer un grupo de trabajo por medios electrónicos dirigido por Túnez y abierto a la participación de todos los miembros, que trabajaría en inglés, con el fin de preparar un documento de debate sobre las micotoxinas presentes en el sorgo (ALINORM 08/31/41, párrafo 186).

Este documento de debate debería incluir un panorama general de los datos disponibles sobre la presencia de micotoxinas en el sorgo, con miras a una posible evaluación por el JECFA.

En la reunión, los siguientes países miembros y organizaciones manifestaron su disponibilidad para participar en el grupo de trabajo por medios electrónicos: Australia, Brasil, China, Eritrea, Indonesia, Nigeria, el Sudán, Suecia, Suiza y Tailandia.

Túnez invitó a los participantes, incluidos los de los países miembros y las organizaciones que habían expresado su disponibilidad para contribuir a esta tarea, a enviar datos sobre este tema mediante un mensaje electrónico de inicio el 21 de agosto de 2008.

¹ Sobre la base de los datos enviados por los países participantes, a saber, el Sudán y Brasil

EL SORGO: DATOS GENERALES

I- Introducción

El **sorgo** es un género de numerosas especies de pastos, algunos cultivados para obtener cereales y muchos otros utilizados como plantas forrajeras, cultivadas o que forman parte de los pastizales. Las plantas se cultivan en los climas más cálidos en todo el mundo. Las especies son originarias de las regiones tropicales y subtropicales de todos los continentes, además del Pacífico sudoccidental y Australasia. El sorgo pertenece a la subfamilia de las *Panicoideae* y a la tribu de las *Andropogoneae* (tribu a la que pertenecen el *big bluestem* y la caña de azúcar).

El sorgo es decisivo para la economía alimentaria mundial porque contribuye a la seguridad alimentaria de las familias en muchas de las regiones más pobres del mundo y en las que hay mayor inseguridad alimentaria. En las principales regiones productoras de África y Asia, más del 70% de la cosecha de sorgo se consume como alimento. Una gran proporción de las familias de agricultores sencillamente producen suficiente cereal para satisfacer sus propias necesidades, y muchas de estas familias con frecuencia no consiguen alcanzar siquiera este objetivo limitado. Sólo una parte reducida de la cosecha se destina al comercio, principalmente en los mercados locales de alimentos.

Esta planta produce un tallo alto de unos 50 a 70 cm, en las variedades que se cultivan hoy, y sus hojas son alargadas como las del maíz. Al final, se forma una panícula de flores y fruta que contiene las semillas y madura en el otoño.

Existen varios tipos de sorgos que corresponden a diversos usos:

- el sorgo forrajero, que es una planta perenne resistente y se corta desde la base para los forrajes
- el sorgo cerealero: planta anual de la cual se cultivan muchas variedades, especialmente híbridos más resistentes y más productivos, adaptados a los alimentos para consumo humano y a los forrajes
- el sorgo para producir azúcar, que puede superar los 5 m de altura
- el sorgo para obtener papel
- el sorgo escobero

La presencia de hongos nocivos que pueden producir micotoxinas en los granos y los alimentos representa un gran peligro para la salud humana y animal, y se ha documentado en muchos países la presencia muy frecuente de los géneros *Aspergillus* y *Fusarium*. Las aflatoxinas son micotoxinas bifuranocumarinas producidas por *A. flavus* y *A. parasiticus*, de las cuales la aflatoxina B1 (AFB1) es la más hepatotóxica, y presenta propiedades mutagénicas, carcinogénicas y probablemente teratogénicas en los animales. De acuerdo al Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, la AFB1 está clasificada como carcinógeno humano de la clase 1. Las fumonisinas son micotoxinas producidas principalmente por *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (= *F. moniliforme* Sheldon), y *F. proliferatum* en numerosos productos agrícolas en todo el mundo, especialmente en el maíz y el sorgo. Los efectos tóxicos de las fumonisinas dependen de la especie animal y la toxigenicidad de las cepas de *Fusarium*. Esta toxina causa leucoencefalomalacia en equinos y conejos, edema pulmonar en cerdos, y se ha documentado como causa probable de cáncer de esófago en humanos.

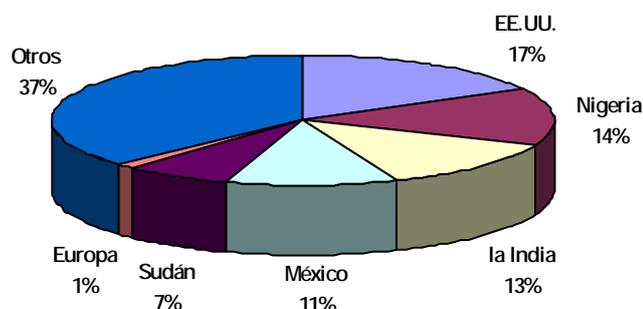
II-Producción mundial

Aproximadamente el 90% de la superficie mundial donde se cultiva el sorgo y el 95% de la superficie en que se produce el mijo están en los países en desarrollo, principalmente en África y Asia. Estos cultivos se producen sobre todo en entornos agroecológicos sujetos a escasa precipitación pluvial y sequía. Casi todas

estas zonas no son adecuadas para la producción de otros cereales, a menos que haya irrigación disponible. El sorgo se cultivo mucho como cereal para consumo humano y para piensos, mientras que el mijo se destina casi por completo al consumo humano.

Los países desarrollados producen alrededor de una tercera parte del sorgo mundial. En América del Norte se cultiva en las planicies centrales y del sur de los Estados Unidos (sobre todo en Kansas, Texas y Nebraska), donde hay poca lluvia y es variable. Los Estados Unidos son el primer productor, con más del 25% de la producción mundial. En Europa la producción se limita a superficies reducidas en Francia, Italia y España. En Oceanía, Australia es el único productor importante (Cuadro 1).

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE SORGO EN 2005 (datos de la FAO)



Cuadro 1: Principales productores mundiales de sorgo

	Superficie (millones de hectáreas)			Rendimiento (toneladas/hectárea)			Producción (millones de toneladas)		
	1979-81	1989-91	1992-94	1979-81	1989-91	1992-94	1979-81	1989-91	1992-94
Países en desarrollo	38,60	38,30	40,00	1,14	1,04	1,11	43,90	40,00	44,20
África	13,40	18,30	21,80	0,89	0,75	0,78	11,90	13,78	17,10
África septentrional	3,29	4,07	5,95	0,90	0,67	0,69	2,94	2,73	4,10
Sudán	3,05	3,90	5,77	0,74	0,53	0,58	2,27	2,09	3,32
África occidental	5,70	10,00	11,30	0,89	0,76	0,82	5,10	7,60	9,30
Burkina Faso	1,05	1,32	1,40	0,59	0,75	0,89	0,62	0,99	1,25
Mali	0,43	0,77	0,95	0,78	0,87	0,77	0,34	0,68	0,73
Níger	0,82	2,04	2,26	0,42	0,19	0,18	0,35	0,39	0,42
Nigeria	2,70	4,90	5,70	1,22	0,98	1,07	3,30	4,80	6,10
África central	0,93	1,09	1,21	0,68	0,72	0,74	0,64	0,79	0,89
África oriental	3,23	2,95	3,08	0,95	0,88	0,89	3,08	2,59	2,75

Etiopía	1,05	0,81	0,91	1,35	1,09	1,27	1,42	0,88	1,16
Kenya	0,17	0,13	0,12	0,95	0,88	1,05	0,16	0,11	0,12
Mozambique	0,29	0,42	0,38	0,63	0,40	0,33	0,18	0,17	0,12
Somalia	0,48	0,45	0,40	0,35	0,54	0,36	0,17	0,24	0,14
Tanzanía	0,71	0,53	0,66	0,76	0,99	0,90	0,54	0,53	0,59
Uganda	0,17	0,24	0,26	1,78	1,49	1,50	0,31	0,36	0,38
Zimbabwe	0,14	0,14	0,13	0,61	0,58	0,52	0,09	0,08	0,07
África austral	0,17	0,22	0,19	0,50	0,37	0,39	0,09	0,08	0,07
Asia	20,78	16,56	15,11	0,95	1,03	1,19	19,69	17,00	17,98
Cercano Oriente	0,92	0,60	0,60	0,81	0,95	1,06	0,75	0,58	0,64
Arabia Saudita	0,28	0,13	0,15	0,44	1,31	1,18	0,12	0,17	0,18
Yemen	0,63	0,47	0,45	0,98	0,85	1,02	0,62	0,40	0,46
Lejano Oriente	19,85	15,95	14,51	0,95	1,03	1,19	18,94	16,42	17,34
China	2,83	1,55	1,36	2,49	3,31	4,12	7,03	5,13	5,61
India	16,36	13,79	12,55	0,70	0,78	0,89	11,38	10,79	11,23
Pakistán	0,40	0,41	0,40	0,58	0,59	0,59	0,23	0,24	0,24
Tailandia	0,22	0,19	0,17	1,07	1,28	1,35	0,24	0,24	0,23
América Central y el Caribe	1,96	2,07	1,73	2,82	2,73	2,87	5,54	5,64	4,95
El Salvador	0,13	0,12	0,14	1,15	1,27	1,48	0,15	0,16	0,20
Guatemala	0,04	0,06	0,07	1,95	1,41	1,19	0,08	0,08	0,08
Haití	0,16	0,13	0,11	0,76	0,74	0,78	0,12	0,10	0,09
México	1,49	1,61	1,28	3,35	3,17	3,43	4,99	5,10	4,38
Nicaragua	0,05	0,05	0,05	1,55	1,61	1,80	0,08	0,08	0,09
América del Sur	2,48	1,40	1,38	2,77	2,59	3,08	6,86	3,61	4,23
Argentina	1,87	0,65	0,70	3,02	2,95	3,72	5,64	1,92	2,60
Brasil	0,08	0,16	0,15	2,13	1,54	1,87	0,17	0,25	0,28
Colombia	0,22	0,26	0,22	2,22	2,87	3,08	0,49	0,74	0,69
Uruguay	0,06	0,03	0,04	2,01	2,48	2,97	0,11	0,08	0,11
Venezuela	0,23	0,25	0,21	1,61	2,13	2,10	0,37	0,53	0,44
Países desarrollados	6,48	5,05	4,99	3,33	3,38	3,94	21,58	17,08	19,66
Australia	0,55	0,46	0,50	1,98	2,16	1,96	1,08	1,00	0,98
CE	0,13	0,11	0,12	4,58	4,90	5,61	0,59	0,56	0,70
Sudáfrica	0,38	0,22	0,18	1,43	1,58	2,05	0,54	0,34	0,37
Estados Unidos	5,27	4,06	4,05	3,63	3,69	4,32	19,16	14,97	17,50
CEI ²	0,09	0,15	0,10	1,14	0,76	0,73	0,10	0,11	0,07
Mundial	45,10	43,30	45,00	1,45	1,32	1,42	65,50	57,10	63,90

1. Cada cifra representa un promedio trienal del período correspondiente, por ej.: 1979-81.

² Hasta 1991, superficie de la ex URSS.

Fuente: FAO

III- Utilización

Uso alimentario

En el período 1992-1994 el consumo humano mundial fue de alrededor de 27 millones de toneladas al año, de las cuales casi la totalidad se consumió en África y Asia. Se trata de un producto básico de primera importancia en muchas partes del mundo en desarrollo, especialmente en las zonas más áridas y marginales de los trópicos semiáridos. El consumo humano de sorgo por persona en las zonas rurales productoras es más estable, y por lo general considerablemente mayor que en los centros urbanos. Y en estas zonas rurales, el consumo tiende a ser superior en las regiones más pobres, donde hay mayor inseguridad alimentaria.

El sorgo se consume en diversas formas que varían de región a región. En general, se consume como grano entero o se elaboran harinas con las que se preparan platillos tradicionales. Existen cuatro alimentos principales a base de sorgo:

- un pan plano, por lo general sin levadura, que se prepara con masa fermentada en Asia y en algunas partes de África;
- una papilla líquida o espesa, fermentada o sin fermentar, que se consume sobre todo en África;
- productos hervidos parecidos a los que se preparan con maíz triturado o arroz;
- preparadas fritas en abundante aceite.

Los elementos nutritivos que componen el sorgo y el mijo, en comparación con otros cereales (para 100 de la porción comestible; 12% de humedad) figuran en el cuadro siguiente:

a Nx6.75.

Fuentes: Hulse, laing et Pearson. 1980: United States National Research Council/National Academy of

Cereal	Proteínas ^a (g)	Grasas	Cenizas (g)	Fibra bastas	Carbohidratos	Energía (kcal)	Ca (mg)	Fe (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
arroz (moreno)	7,9	2,7	1,3	1,0	76,0	362	33	1,8	0,41	0,04	4,3
trigo	11,6	2,0	1,6	2,0	71,0	348	30	3,5	0,41	0,10	5,1
but	9,2	4,6	1,2	2,8	73,0	358	26	2,7	0,38	0,20	3,6
sorgo	10,4	3,1	1,6	2,0	70,7	329	25	5,4	0,38	0,15	4,3
mijo perla	11,8	4,8	2,2	2,3	67,0	363	42	11,0	0,38	0,21	2,8
mijo dedo	7,7	1,5	2,6	3,6	72,6	336	350	3,9	0,42	0,19	1,1
mijo mayor	11,2	4,0	3,3	6,7	63,2	351	31	2,8	0,59	0,11	3,2
mijo común	12,5	3,5	3,1	5,2	63,8	364	8	2,9	0,41	0,28	4,5
mijo pequeño	9,7	5,2	5,4	7,6	60,9	329	17	9,3	0,30	0,09	3,2
mijo japonés	11,0	3,9	4,5	13,6	55,0	300	22	18,6	0,33	0,10	4,2
mijo autóctono	9,8	3,6	3,3	5,2	66,6	353	35	1,7	0,15	0,09	2,0

Sciences. 1982: USDA HNIS 1984.

III.2. Piensos

Un 48% de la producción mundial de sorgo se destina al ganado (el alimento humano representa un 42%). A diferencia del consumo humano, que es relativamente estable, la utilización del sorgo como pienso varía considerablemente en respuesta a dos factores: el aumento de los ingresos, que estimula el consumo de productos pecuarios, y la competitividad de los precios del sorgo respecto a otros cereales, especialmente el maíz. Si bien el sorgo suele considerarse un cereal inferior en el consumo humano, las elasticidades de los ingresos para los productos pecuarios (y, por lo tanto, la demanda resultante para piensos) por lo general son positivas y elevadas.

La demanda para piensos se concentra en los países desarrollados y en los países de ingresos medios de América Latina y Asia, donde la demanda de carne es elevada y la industria pecuaria es correspondientemente intensiva. Más del 85% del uso del sorgo para piensos se verifica en tres países (los Estados Unidos, México y Japón), que juntos absorben casi el 70% del total mundial.

Utilización del sorgo por tipo y por región

	Promedio de 1979-81 (millones de toneladas)	Promedio de 1984-86 (millones de toneladas)	Promedio de 1989-91 (millones de toneladas)	Promedio de 1992-94 (millones de toneladas)
EE.UU.	10,5	14,7	10,9	11,1
México	6,7	6,6	8,1	7,1
Japón	4,1	4,2	3,5	2,6
China	2,4	2,1	1,5	1,9
Argentina	2,1	2,5	0,9	1,5
CE	1,8	0,5	0,8	0,9
Australia	0,4	0,3	0,8	0,8
Colombia	0,5	0,5	0,7	0,7
Venezuela	0,7	1,3	0,6	0,4
CEI ¹	2,5	0,9	0,3	0,1
Otros	3,4	3,1	3,2	3,2
Mundial	35,1	36,7	31,3	30,6

¹: Hasta 1991, superficie de la ex URSS.

Fuente: FAO

III.3. Otros usos

Otro aspecto importante del grano del sorgo, especialmente en África, es su utilización para producir bebidas alcohólicas. El cereal se utiliza para obtener malta o un complemento análogo en la producción de

dos tipos de cerveza: rubia y oscura (una cerveza suave africana tradicional de alcohol con partículas finas en suspensión). El jugo endulzado de su tallo a veces se puede utilizar para producir alcohol (etanol).

Las fibras de la planta se utilizan para fabricar tableros para muros que se usan en la construcción o numerosos embalajes biodegradables.

IV- Conservación del sorgo

Los productos alimentarios pueden sufrir diversos daños durante la producción, recolección, transporte, almacenamiento, elaboración y distribución. Estos daños son diversos. Pueden ser producto de organismos vivos o cambios físico-químicos o bioquímicos, enzimas o sustancias microbianas. Es raro que este deterioro se produzca independientemente uno del otro. Por lo general se dan al mismo tiempo o se producen uno detrás del otro, sin transición.

En el aspecto práctico, estos daños pueden traducirse en:

- modificaciones de las características organolépticas (color, sabor, aspecto), con consecuencias análogas de deterioro del valor comercial e incluso pérdidas económicas;
- riesgos para la salud del consumidor (enfermedades, muerte)

El objetivo de la conservación es prolongar la vida comercial de los productos y permitir que se distribuyan mejor en el tiempo y el espacio, además de garantizar su calidad de higiene y comercial.

La degradación de las semillas del sorgo es una función de la temperatura del almacenamiento. A temperaturas bajas, la degradación es lenta, pero se acelera rápidamente en cuanto sube la temperatura. Por lo tanto, es necesario secar la cosecha de sorgo con rapidez. La humedad de protección para un almacenamiento prolongado es de 13 - 13,5%.

IV-1 Secado

a. Secado natural

Después de la cosecha, por lo general manual, las espigas del mijo y el sorgo por lo general se extienden en **boots** o en piedras para moler y se secan al sol. Este secado natural se puede mejorar con la construcción de superficies de secado o bandejas. En las zonas de culturas tradicionales, el secado natural en general no presenta dificultades.

b. Secado artificial

Las dos técnicas principales de secado del sorgo son ventilación en gran espesor con aire a temperatura ambiente o ligeramente caliente, y secado rápido con aire caliente de secadora.

IV-2 Almacenamiento

Muchas veces, en las aldeas, las espigas de sorgo y de mijo se almacenan en azoteas tradicionales. Las espigas de mijo a veces se quiebran en varias partes, antes de ensilarlas, para incrementar la unidad de peso aparente.

Los productores por lo general consideran que el almacenamiento de espigas garantiza una conservación mejor. Sin embargo, cabe señalar que se requiere un volumen por kilogramo de producto almacenado más

significativo que si se almacenan los granos. En los centros de comercialización, el almacenamiento por lo general es en sacos de 100 kg, elaborados de yute o polipropileno.

A partir de una cuantificación realizada en Senegal, el volumen específico del mijo almacenado en sacos de 100 kg es de 1,2 m³/t aproximadamente, mientras que el del sorgo es de 1,8 m³/t debido a que su granulometría es mayor.

Características físicas de los granos

	tamaño	peso de 1 000 granos	Peso unitario en (kg/m ³)
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>)	4-5 mm	15 a 35	685 a 760
Mil (<i>Pennisetum typhoides</i>)	2,5-3,5 mm		
Variedad sonna		4 a 7 g	760 a 840
Variedad sanio		6 a 9 g	790 a 860

(Fuente: FAO, *Conservation of the grains in hot areas*)

El almacenamiento a granel se practica en silos generales horizontales o verticales. En las zonas moderadas, a menudo se utiliza ventilación para bajar la temperatura del grano y evitar la actividad de los insectos. En las zonas tropicales la ventilación puede ser menos interesante porque el aire muchas veces tiene una temperatura elevada. Sin embargo, en algunas estaciones se puede usar el aire fresco de la noche (cuando las temperaturas caen hasta de 15° a 18°C).

IV-3 Enemigos de las reservas

Los principales insectos depredadores son el gorgojo (*Sitophilus orizae*), el gorgojo de los granos (*Trogoderma granarium*), que puede hacer mucho daño en los almacenes, especialmente porque sus larvas destruyen los sacos, y el gorgojo de las harinas. Otros insectos, menos frecuentes, son la polilla del granero (*Sitotroga cerealella*) y la falsa tiña de los graneros (*Ephestia*).

V- Transformación del producto

El descascarillado y la molienda del sorgo, arduas operaciones realizadas manualmente, son objeto de muchas pruebas de mecanización. El descascarillado en seco permitiría en particular prolongar la vida comercial de la harina.

A nivel industrial muchos estudios tratan la sustitución parcial del maíz pero sin aplicaciones a plena escala, uno de los obstáculos es la dificultad de proporcionar a los grandes molinos un producto homogéneo de calidad satisfactoria con las técnicas actuales de almacenamiento en sacos.

VI- Condiciones de almacenamiento favorables a la formación de micotoxinas

Los mohos *Aspergillus* son hialinos oportunistas de acelerada proliferación, muy presentes en el suelo y en materias en descomposición. Sus colonias suelen ser amarillas, amarillo verdosas, marrones o verdes; de aspecto granuloso y aterciopelado o terso, presentan un borde periférico blanco y un contorno neto.

La especie *Aspergillus* produce aflatoxinas y de esta manera contamina los alimentos con aflatoxinas, es una especie ubicua en las zonas del mundo de clima cálido y húmedo. Los mohos *Aspergillus flavus* / *A. parasiticus* no pueden desarrollarse ni producir aflatoxinas cuando la actividad del agua es inferior a 0,70,

la humedad relativa del 70% y la temperatura de 10°C. En condiciones de presión, por ejemplo cuando hay sequía o una infestación de insectos, la contaminación por aflatoxinas probablemente será elevada.

Los factores físicos esenciales que influyen en el crecimiento de los mohos y en la producción de micotoxinas son la temperatura y la humedad. En efecto, en el campo los mohos necesitan un contenido de humedad muy alto en el suelo (20% - 25%) en comparación con sus necesidades en los almacenes (10% - 18%). Cada especie tiene su nivel óptimo de humedad (o actividad del agua A_w) y temperatura para producir micotoxinas.

De acuerdo a la temperatura se pueden distinguir varias especies:

- Termófilos: se desarrollan bien a 50°C, con una temperatura mínima de crecimiento superior a 20°C: *Byssoschlamys nivea* *Absidia ramosa* *Aspergillus fumigatus*...
- Termotolerantes, con una temperatura máxima de crecimiento próxima a 50°C, pero una temperatura mínima muy inferior a 20°C: *Aspergillus Niger*...
- Mesófilos: se desarrollan bien entre 10°C y 40°C: *Aspergillus versicolor*...
- Criófilos: su germinación óptima se realiza a temperaturas inferiores a 10°C.

Con una A_w inferior a 0,65 no se pueden formar mohos por que carecen de agua suficiente. De esta manera, de acuerdo a las necesidades de agua de los mohos se distinguen las especies.

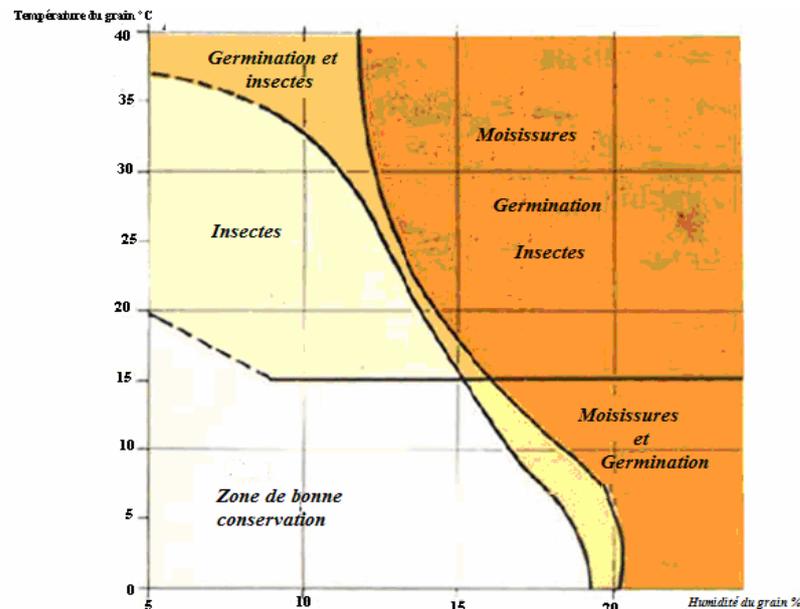
- Xerófilos: en éstos pueden germinar las esporas con un contenido de agua inferior al 80%, son las principales especies del *Aspergillus*.
- Mesófilos: con una necesidad de agua del 80% al 90%: *Penicillium cyclopium*, *P.expansum*...
- Higrófilos (más del 90%): *Fusarium spp* Mucorales...

Estas condiciones óptimas pueden diferir apreciablemente de sus condiciones óptimas para desarrollarse.

De esta manera, las condiciones más favorables para un crecimiento óptimo y la producción de aflatoxinas para el *A. flavus* son una A_w relativamente débil (0,84 - 0,86), así como una temperatura alta de entre 25° y 40°C. *A. flavus* puede desarrollarse con 15°C con una A_w de alrededor de 0,90.

La temperatura óptima para la producción de OTA por *Aspergillus ochraceus* es de 28°C, esta producción se reduce mucho a 15°C y 37°C. De esta manera, en las zonas frías más bien producen OTA los mohos *Penicillia*, mientras que en las zonas cálidas los *Aspergilli* la producen. La OTA se forma de preferencia en alimentos ácidos. La producción de zearalenona (ZEA) o toxina F-2 depende de temperaturas bajas, de 10° a 15°C.

Crecimiento de los mohos de acuerdo al contenido de agua y la temperatura



Aparte de la A_w y la temperatura, el pH puede producir un efecto decisivo en la formación de hongos y la producción de micotoxinas.

En efecto, la acidez del medio desempeña un efecto importante en el crecimiento de los mohos, así como en la producción de micotoxinas. Por ejemplo, la fumonisina B1 se forma con un pH de 3,7, mientras que el crecimiento óptimo se produce con un pH de 5,6.

Casi todos los mohos necesitan oxígeno para desarrollarse. Parece que la reducción de oxígeno y, en especial, el aumento del contenido de CO_2 tiene un importante efecto de reducción en la formación de micotoxinas así como en la formación de mohos.

IV- Datos sobre la contaminación

Teniendo en cuenta el riesgo considerable que representan las micotoxinas para la salud humana y animal, se han realizado numerosas investigaciones en diversos países para evaluar los riesgos de la exposición a estos contaminantes.

No todos los países tienen los mismos riesgos, de acuerdo a las condiciones predominantes del clima. En zonas de clima templado, como Francia, Inglaterra y parte de los Estados Unidos, el riesgo micotoxicológico principal es por toxinas del *Fusarium* (tricotecenos, monoliforme, fumonisinas, zearalenona). En Francia, se reequieren en cereales como el trigo, el maíz y la cebada. Otras toxinas de los mohos *Penicillium* y *Aspergillus*, como la ocratoxina, la citrinina y las aflatoxinas (toxinas del *Aspergillus flavus*) también son objeto de investigación. En los países calientes y húmedos, como los del África subsahariana y América Latina, las micotoxinas más temidas son las aflatoxinas.

IV-1. El caso de Túnez

Túnez es un país propicio a la proliferación de mohos toxinógenos debido a su clima cálido y húmedo, y a las condiciones precarias de almacenamiento.

La investigación de las micotoxinas en los productos alimentarios de Túnez se inició en los años setenta.

Materiales y métodos

Toma de muestras de granos de sorgo

Se recogieron en distintas regiones de Túnez un total de 36 muestras de sorgo en 2008, 16 muestras en 2007, 21 muestras en 2005, 15 muestras en 2004 y 195 muestras en 2003. Los productos analizados eran los granos del sorgo a granel, sorgo molido a granel, sorgo molido preenvasado, sorgo cocido, sorgo con semillas de ajonjolí, sorgo con fruta seca, sorgo y piñones de pino de Alepo.

Identificación de las micotoxinas:

La extracción se hizo con etanol y agua y se limpió en una columna de gel de sílice. La detección de las aflatoxinas se hizo con HPLC (con un detector de fluorescencia VOD-C, con una columna de 25 cm de longitud y diámetro de 4-6 nm).

Los resultados más recientes respecto al sorgo, que quedan en el marco del programa de supervisión de la contaminación de los alimentos por las micotoxinas, revelaron los resultados que se presentan en el cuadro siguiente:

Contenido promedio de aflatoxinas en el sorgo, expresado en ppb

Año	Producto	Aflatoxina B1	G2+G1+B2+B1
2008	sorgo molido a granel	2,23(0,4-10,2)	1,83(0,1-8)
2007	sorgo molido	25,22(2,5-55,1)	23,557(2,5-51,4)
	sorgo molido a granel	11,58(0-31,3)	10,65(0-29,2)
	sorgo con semillas de ajonjolí	3,8	3,8
	sorgo con fruta seca	5,9	5,2
2005	sorgo con fruta seca	2,49(0-6,1)	2,5(0,1-6,1)
	sorgo con semillas de ajonjolí	2,2	2,2
	sorgo con piñones de pino de Alepo	0	0,1
	sorgo en granos	0	0,1
	sorgo molido	2	2,0
	sorgo molido a granel	3,62(0-10,7)	3,55(0,1-10,4)
2004	sorgo en granos	54,42(0-181,3)	51,5(0-171,7)
	sorgo molido a granel	26,05(0,97-72)	22,92(0,97-64,4)
	sorgo cocido	2,12(0-5,4)	2,12(0-5,4)
2003	sorgo en granos	24,29(0-410,2)	23,34(0-381)
	sorgo molido	34,49(0-221,3)	32,14(0-783)
	sorgo molido a granel	26,08(0-291,72)	24,58(0-273,48)

* Las cifras entre paréntesis indican los valores mínimos y máximos.

Los resultados indican una contaminación más bien mayor del sorgo por aflatoxinas B1, B2, G1 y G2. Esto se debe a las condiciones del clima, caracterizadas por una humedad considerable (tasa alta de pluviometría), con temperaturas de 6° a 45°C.

IV-2. El caso del Sudán

Micotoxinas en el sorgo (*Sorghum bicolor*) en el Sudán

Información general:

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) es el cultivo de alimentos básicos más importante del Sudán. Representa la principal fuente de calorías en el país. El sorgo ocupa el 75% del total de la superficie cultivada de cereales, y aporta el 85% de los cultivos alimentarios que se producen (Ibrahim *et al.* 2006).

El sorgo se utiliza principalmente como importante fuente de alimentos para el 85% de la población. Los granos y los tallos son un recurso forrajero importante para el ganado y las aves de corral en el Sudán (Ejeta, 1988, Habash, 1990). Además, también se exportan granos de sorgo a los países africanos y árabes vecinos, especialmente a Arabia Saudita y a países de Asia.

En el Sudán se produce el sorgo principalmente en sistemas de secano mecanizados y de agricultura tradicional, en monocultivos (Affan 1984; Mahmoud 1992). La superficie de producción tradicional de secano es de unos 8,4 millones de hectáreas, mientras que hay 5,4 millones de hectáreas mecanizadas y 1,9 millones de hectáreas de irrigación (Ibrahim *et al.* 2006).

En el sector de secano son muy populares una serie de variedades tradicionales de sorgo y variedades autóctonas (tipo feterita), y se prefieren porque maduran pronto y son tolerantes a la sequía. Sin embargo, se producen y cultiva una selección de variedades tradicionales mejoradas e híbridas (Ahmed *et al.*, 1992).

El sorgo se cultiva en julio y se cosecha en octubre. Del total de la producción, el 80% se almacena en diversas estructuras de almacenamiento. La principal zona de almacenamiento del Sudán es la ciudad de Gedarif, situada en el sector tradicional de producción del sorgo y donde está el principal mercado de sorgo del país. En Gedarif, la cosecha se almacena en silos de concreto del gobierno de buena calidad, silos privados de metal o en sacos de yute en almacenes privados o de los comerciantes. (En la zona de Gedarif eran populares los almacenes subterráneos y se siguen utilizando en otras zonas). Se observó que los métodos inadecuados de almacenamiento eran la principal causa de pérdida de cereales debido a las plagas de los almacenes o a contaminación fúngica. Existe el riesgo de contaminación de micotoxinas en los granos de sorgo almacenados en todos los tipos de almacenamiento en la zona de Gedarif.

Se sabe que los hongos de los almacenes son la causa predominante de deterioro postcosecha de los cereales, principalmente las especies *Aspergillus* y *Penicillium* (Gonzalez *et al.*, 1997). La investigación postcosecha de pérdida de granos por hongos en el Sudán es muy escasa, y se ha hecho cierta investigación con los objetivos principales de identificar la micoflora asociada a los granos de sorgo almacenados y su función en la modificación de los componentes químicos (Abdalla, 1998, Ahmed *et al.*, 2008). Se observó la asociación de algunas especies de *Aspergillus* y *Penicillium* con el sorgo, que causan un gran deterioro del cereal. Las pérdidas promedio por contaminación fúngica ascienden a más del 10% (Ahmed *et al.*, 2008). En este estudio se identificó el tipo y la cantidad de micoflora asociada al sorgo en los principales tipos de almacenes del Sudán, y su importancia en la producción de micotoxinas.

Materiales y métodos

Toma de muestras de granos de sorgo

Se recogió un total de 86 muestras de granos de sorgo, con un peso de 2 kg cada una, en distintos tipos de almacenes en la ciudad de Gedarif. Se utilizó un método de muestreo aleatorio para recoger las muestras, en el que se utilizó el mismo número de sacos para cada muestra y variedad. Estas muestras se combinaron bien en 28 muestras colectivas, teniendo en cuenta la variedad y el tipo de almacenamiento. Se analizaron para observar la contaminación fúngica, la germinación y el contenido de micotoxinas.

Pruebas de germinación:

Se hicieron pruebas de germinación de semillas con el procedimiento estándar descrito por Mathur y Jorgensen, (1992).

Aislamiento de los hongos:

El método de placas para semillas (ISTA, 1985) con un medio de agar de dextrosa y papa (PDA), para determinar la presencia de hongos en los granos. Se esterilizó la superficie de un número similar de semillas con un 5% de hipoclorito de sodio. Se eliminó el agente tensoactivo sobrante y se enjuagaron tres veces las semillas con agua destilada estéril. El exceso de agua de las semillas se secó con un papel filtro estéril. Se identificaron los hongos con base en sus características macroscópicas y microscópicas, con las claves de Booth, 1971, Ellis, 1971 y Pitt, 1979.

Identificación de las micotoxinas:

Se analizaron las micotoxinas en los Laboratorios Químicos Nacionales de Jartum. La extracción se hizo con etanol - agua y se limpió en una columna de gel de sílice envasado, la detección de las aflatoxinas se hizo con HPLC (con un detector de fluorescencia VOD-C, columna de 25 cm de longitud y 4-6 nm de diámetro).

Contaminación de aflatoxinas en las muestras de sorgo de la zona de Gedarif, Sudán

Núm.	Muestra	Variedad	Tipo de almacenamiento	Aflatoxinas μ / kg			
				B1	B2	G1	G2
1	116FSS	WadAhmed	tradicional	1	nd	nd	nd
2	117FSS	Mukhalafat	tradicional	nd	nd	nd	nd
3	115FSS	Arfagadamak	tradicional	nd	nd	nd	nd
4	107SBS	Daber	mejorado	nd	nd	nd	nd
5	108SBS	Tetron	mejorado	2.4	nd	nd	nd
6	105SBS	Wad Aker	mejorado	nd	nd	nd	nd
7	196SBS	Feterita	mejorado	nd	nd	nd	nd
8	112TS	Mugud	tradicional	7	1.5	nd	nd
8	123ABS	Feteriat	silos	nd	nd	nd	nd
10	118ABS	Wad Aker	silos	nd	nd	nd	nd
11	122ABS	Feterita	silos	1.2	nd	nd	nd
12	109KBS	Wad Aker	mejorado	nd	nd	nd	nd
13	111KBS	B. Fet000erita	mejorado	nd	nd	nd	nd
14	110KBS	Harira	mejorado	nd	nd	nd	nd
15	101FBS	Arfagadamak	mejorado	nd	nd	nd	nd
16	102FBS	Korokolo	mejorado	nd	nd	nd	nd
17	104FBS	Biased Feteriata	mejorado	nd	nd	nd	nd
18	103FBS	Feterita 2006	mejorado	2.4	nd	nd	nd
19	120ABS	Korokolo	mejorado	nd	nd	nd	nd
20	121ABS	Daber	silos	nd	nd	nd	nd
21	130FBS	Biased	mejorado	nd	nd	nd	nd
22	131FBS	Left after sieving	mejorado	nd	nd	nd	nd

23	114TS	Feterita	tradicional	nd	nd	nd	nd
24	113TS	Wad Aker	tradicional	nd	nd	nd	nd
25	132KBS	Random	mejorado	nd	nd	nd	nd
26	133FBS	Start cleaning	mejorado	nd	nd	nd	nd
27	134FBS	Before sieving	mejorado	nd	nd	nd	nd
28	135FBS	Biased 16 sacks	mejorado	nd	nd	nd	nd

Muestras de sorgo recogidas en la zona de Gedarif (agosto de 2008), Sudán.

Laboratorios Químicos Nacionales, Ministerio de Salud, Jartum, Sudán.

RESULTADOS Y DEBATE

Los experimentos para determinar la contaminación por micotoxinas como el mencionado sólo se realizaron para las aflatoxinas. La concentración de aflatoxinas observada en todas las muestras fue baja. El nivel más alto se detectó en una tienda tradicional en la variedad mugud (B1), de 7 µg/Kg. Sin embargo, la B2 sólo se detectó en la misma tienda en 1,5 µg/kg. Esto puede ser principalmente porque el sorgo producido en la misma estación (2007/2008) que se almacenó no tenía más de seis meses. Respecto a las cepas G1 y G2, por lo general no aparecen en los cereales. Sin embargo, las aflatoxinas son más graves en las oleaginosas que no se analizan aquí. Se está haciendo una investigación más completa de la presencia de ocratoxina en el sorgo, de alcance nacional y en la que se estudiarán todos los métodos de almacenamiento. Los resultados y las intervenciones adecuadas se comunicarán posteriormente. Podría necesitarse ayuda técnica y solicitarse en consecuencia a quienes tienen más experiencia en este tipo de investigación.

IV-3. El caso de Brasil

Teniendo en cuenta la falta de estudios de micotoxigenicidad de las cepas *Aspergillus* y *Fusarium* aisladas del sorgo brasileño, el objetivo del presente estudio fue determinar el potencial toxigénico de las variedades *A. flavus*, *F. verticillioides* y *F. proliferatum*, aisladas de sorgo recién cosechado y almacenado en el estado de São Paulo, en el Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variedades *Aspergillus* y *Fusarium*

Se evaluaron 59 aislados de *A. flavus*, 35 de *F. verticillioides* y 3 de *F. proliferatum*, tomados de granos de sorgo recién cosechados (10) y almacenados (130) en Nova Odessa, en el estado de São Paulo. Las muestras (10g) se recogieron mensualmente y los granos se molieron y homogeneizaron en 90 ml de agua. Se obtuvieron las diluciones decimales de hasta 10⁻⁶ y alícuotas de 1-ml de las diluciones se inocularon en agar de dextrosa de papa. Después de la incubación (5 días a 25°C) se contaron las colonias, se aislaron e identificaron. Se detectaron cepas de *Aspergillus* y *Fusarium*, de acuerdo a los métodos de Rapel y Fennell (27), y Nelson *et al.* (21, 23), y se almacenaron en agar inclinado de dextrosa de Sabouraud (SDA) a 4°-8°C.

Pro
aisl

J.B. da Silva *et al.*

Table 1. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* strains isolated from freshly harvested and stored sorghum kernels in Brazil.

<i>A. flavus</i> Strain	Aflatoxin concentration (µg/kg)		
	B ₁	B ₂	Total
FH-06 ^a	63.70	33.00	96.70
S7-393 ^b	ND	ND	ND
S7-397	ND	ND	ND
S7-400	ND	ND	ND
S7-402	788.40	23.30	811.70
S7-404	467.00	173.00	640.00
S7-405	29.00	ND	29.00
S7-408	27.00	ND	27.00
S7-409	ND	ND	ND
S7-413	320.00	9.50	329.50
S7-415	559.00	207.00	766.00
S7-417	12.00	ND	12.00
S8-420	89.00	ND	89.00
S8-421	1139.00	84.50	1223.50
S8-423	22.00	ND	22.00
S8-425	1422.00	528.00	1950.00
S9-426	94.00	ND	94.00
S8-427	25.00	ND	25.00
S8-429	750.00	16.00	766.00
S8-436	723.50	5.40	728.90
S9-440	ND	ND	ND
S9-441	ND	ND	ND
S9-446	3258.00	24.50	3282.50
S9-449	769.00	57.00	826.00
S9-452	ND	ND	ND
S9-456	ND	ND	ND
S10-462	439.00	6.50	445.50
S10-463	591.00	ND	591.00
S10-464	52.00	ND	52.00
S10-465	568.00	ND	568.00
S10-468	320.00	9.50	329.50
S10-469	ND	ND	ND
S10-470	198.00	ND	198.00
S10-471	ND	ND	ND
S10-473	527.00	86.00	613.00
S10-477	72.00	ND	72.00
S10-479	ND	ND	ND
S10-480	ND	ND	ND
S10-483	ND	ND	ND
S11-484	ND	ND	ND
S11-485	878.50	326.00	1204.50
S11-494	ND	ND	ND
S11-505	ND	ND	ND
S12-511	559.00	ND	559.00
S12-515	615.00	9.00	624.00

S12-517	27.00	ND	27.00
S12-518	45.50	ND	45.50
S12-519	ND	ND	ND
S12-520	56.50	21.00	77.50
S12-521	35.50	7.50	43.00
S12-527	42.00	ND	42.00
S12-529	ND	ND	ND
S12-533	ND	ND	ND
S13-536	574.00	42.50	616.50
S13-539	439.00	163.00	602.00
S13-541	ND	ND	ND
S13-547	94.50	35.00	129.50
S13-552	189.00	42.00	231.00
S13-556	ND	ND	ND

^a Freshly harvested; ^b stored samples. ND = not detected.

Fumonisin-producing *F. verticillioides* strains have also been analyzed by other investigators (6,16), who detected high fumonisin producer strains in corn, but low producers in sorghum. According to Nelson *et al.* (22), the low production of fumonisins by *F. verticillioides* strains from sorghum grains may be related to the substrate and/or to the geographical area.

The higher production of FB₁, when compared to FB₂, has also been reported (4,8,9), with FB₁ accounting for 70% of all fumonisins both in culture and in naturally contaminated corn. FB₂ and FB₃ concentrations detected in foods or produced in culture by *F. verticillioides* strains are approximately 15 to 25% of the produced FB₁. However, Apsimon (2) isolated *F. verticillioides* strains producing more FB₂ than FB₁.

Moretti *et al.* (20) concluded all strains isolated from sorghum belonged to the "F" mating population characterized by little or no FB₁ and FB₂ production. In contrast, majority of strains isolated from maize belonged to the "A" mating population, which produces moderate to high levels of FB₁ and FB₂.

Two strains of the 3 *F. proliferatum* isolates produced FB₁ + FB₂ at concentrations of 0.12 and 0.18 µg/g (Table 2). Fumonisin production by other *Fusarium* species, mainly *F. proliferatum*, has been reported (23,38); however, *F. verticillioides* continues to be the main producer of this toxin.

In the present study, a small number of *A. flavus* strains was isolated from freshly harvested sorghum samples (1 strain), although a larger number of toxigenic strains were isolated from stored sorghum (S7-S13). This result might be explained by the fact that *Aspergillus* is classified in the literature as a storage fungus, which has already been detected in the field. Concerning *F. verticillioides*, which is typically considered to be a field fungus, a larger number of strains was detected in freshly harvested samples. Nevertheless, this fungus was isolated until the seventh month of storage.

RESULTADOS Y DEBATE

El análisis de aflatoxinas reveló que 38 (64,4%) de 59 cepas observadas de *A. flavus* produjeron niveles detectables de aflatoxinas en concentraciones de 12,00 a 3282 ug/kg (AFB₁ + AFB₂); 15 cepas sólo produjeron AFB [mientras que 23 produjeron tanto AFB₁ como AFB₂ (Cuadro 1)]. Cepas de *A. flavus*, productoras de aflatoxinas del grupo B (AFB₁ y AFB₂), también están descritas por Pier (24) y Pitt (25), que encontraron 10% de cepas productoras de AFB₁ y 90% de productoras de AFB₁ y AFB₂. Además, otros investigadores (13, 15) también documentaron niveles más altos de AFB₁ que de AFB₂. Nuestros resultados concuerdan con los documentados por Kichou *et al.* (14), que demostró que el 23% de las cepas de *A. flavus* aisladas de sorgo en Marruecos produjeron AFB₁ y AFB₂. En la India, Sashidhar *et al.*, en el análisis de 150 muestras de granos de sorgo encontraron altas tasas de contaminación por *A. flavus* (67%). Sin embargo, sólo dos cepas produjeron AFB₁ en concentraciones de 16 y 40 flg/kg. También se documentó la producción de AFB₁ y AFB₂ en sorgo y trigo inoculado con *A. flavus* (39).

El análisis de fumonisinas mostró que 32 (91,5%) de 35 cepas analizadas de *F. verticillioides* produjeron niveles detectables de fumonisinas en concentraciones de 0,12 a 5,38 ug/g (FB₁ + FB₂). Veintitrés cepas sólo produjeron FB₁ y nueve produjeron FB₁ + FB₂ (Cuadro 2). La tasa media de recuperación para las fumonisinas fue aproximadamente de 85%. Se ha observado la producción de fumonisinas casi por todas las cepas de *F. verticillioides* (28, 38) en el 100% de las cepas de *F. verticillioides* aisladas de maíz.

La presencia de producción de toxinas por cepas aisladas de alimentos y piensos no supone necesariamente la presencia de micotoxinas. Sin embargo, indica un riesgo potencial de posible contaminación con micotoxinas. Además, si estos alimentos representan un sustrato positivo para la producción de micotoxinas y si los factores abióticos (en especial la humedad y la temperatura) son adecuados, el peligro de contaminación tiende a crecer.

V- Medidas de prevención

La prevención de la contaminación del sorgo por micotoxinas comienza desde las semillas hasta la distribución en el mercado. Las buenas prácticas agrícolas representan la primera línea de defensa contra la contaminación de los cereales por micotoxinas, seguidas de la ejecución de buenas prácticas de fabricación durante la manipulación, el almacenamiento, la elaboración y la distribución de los cereales destinados al consumo humano y animal. *El código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas* (Codex- CAC/RCP 51-2003) es una buena referencia para dicha prevención.

APÉNDICE

Resultados del análisis de la investigación y cuantificación de las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en el sorgo en Túnez

Denominación del producto	Período del análisis	G ₂ +G ₁ +B ₂ +B ₁	AFB ₁
sorgo molido a granel	2008	7,08	6,48
sorgo molido a granel	2008	3,4	3,1
sorgo molido a granel	2008	4,8	4,5
sorgo molido a granel	2008	3,3	3,0
sorgo molido a granel	2008	8,26	7,6
sorgo molido a granel	2008	4,1	3,6
sorgo molido a granel	2008	10,2	8
sorgo molido a granel	2008	5,7	4,9
sorgo molido a granel	2008	3,5	3,2
sorgo molido a granel	2008	2,4	2,1
sorgo molido a granel	2008	2,2	1,9
sorgo molido a granel	2008	1,9	1,6
sorgo molido a granel	2008	1,4	1,1
sorgo molido a granel	2008	1,1	0,8
sorgo molido a granel	2008	1	0,7
sorgo molido a granel	2008	1,3	1
sorgo molido a granel	2008	1,02	0,72
sorgo molido a granel	2008	2	1,7
sorgo molido a granel	2008	1,5	1,2
sorgo molido a granel	2008	2	1,7
sorgo molido a granel	2008	1,9	1,6
sorgo molido a granel	2008	1,7	1,4
sorgo molido a granel	2008	1,23	0,93
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	0,7	0,4
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1

sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo molido a granel	2008	1,3	1
sorgo molido a granel	2008	1,3	1
sorgo molido a granel	2008	<0.4	<0.1
sorgo con ajonjolí	2007	3.8	3.8
sorgo molido P	2007	8.0	8.0

Denominación del producto	Período del análisis	G ₂ +G ₁ +B ₂ +B ₁	AFB1
sorgo molido P	2007	2.5	2.5
sorgo molido P	2007	26.0	24.0
sorgo molido P	2007	55.1	51.4
sorgo molido V	2007	16.7	15.3
sorgo molido V	2007	31.3	29.2
sorgo con fruta seca	2007	5.9	5.2
sorgo molido V	2007	0	0
sorgo molido V	2007	1.48	1.48
sorgo molido P	2007	28.1	26.1
sorgo molido P	2007	30	27.9
sorgo molido V	2007	12.4	11.8
sorgo molido V	2007	19.2	16.8
sorgo molido v	2007	0	0
sorgo con fruta seca	2005	0,66	0,66
sorgo molido V	2005	0	0,1
sorgo con avellanas	2005	1,2	1,2
sorgo con ajonjolí	2005	2,2	2,2
sorgo con fruta seca	2005	1,8	1,8
sorgo con piñones de Alepo	2005	0	0,1
sorgo con fruta seca	2005	0	0,1
granos de sorgo	2005	0	0,1
sorgo molido P	2005	2·0	2·0
sorgo molido v	2005	4·83	4·56
sorgo con fruta seca	2005	5·0	5·0
sorgo con fruta seca	2005	2·68	2·68
sorgo molido v	2005	4·6	4·6

sorgo molido v	2005	0.6	0.6
sorgo molido v	2005	10.7	10.4
sorgo molido v	2005	9.3	9.0
sorgo molido v	2005	0	0.1<
sorgo con avellanas	2005	6.1	6.1
sorgo molido v	2005	2.06	2.06
sorgo molido v	2005	0.54	0.54
sorgo molido v	2005	0	0.1<
Denominación del producto	Período de análisis	G₂+G₁+B₂+B₁	AFB₁ en ppb
granos de sorgo v	2004	5,6	5,6
granos de sorgo v	2004	181,3	171,7
granos de sorgo v	2004	135,2	80,2
sorgo molido v	2004	72	64,4
granos de sorgo v	2004	0	0
sorgo molido v	2004	5,2	3,4
sorgo molido v	2004	0,97	0,97
granos de sorgo v	2004	0	0
sorgo cocido	2004	4,2	4,2
sorgo cocido	2004	0	0
sorgo cocido	2004	0	0
sorgo cocido	2004	0	0
sorgo cocido	2004	4,1	4,1
sorgo cocido	2004	1,2	1,2
sorgo cocido	2004	5,4	5,4
granos de sorgo	2003	32,12	29,34

sorgo molido P	2003	7,25	7,25
sorgo molido P	2003	7,83	7,83
sorgo molido P	2003	11,35	9,96
sorgo molido P	2003	1,87	1,87
sorgo molido v	2003	7,12	7,12
granos de sorgo v	2003	0	0
sorgo molido P	2003	54,33	54,33
sorgo molido P	2003	1,65	1,65
sorgo molido P	2003	12,26	12,26
granos de sorgo v	2003	3,34	3,34
sorgo molido v	2003	25,1	25,1
sorgo molido v	2003	24,85	24,85
granos de sorgo v	2003	1,84	1,84
granos de sorgo v	2003	0	
sorgo molido P	2003	6,73	5,9
sorgo molido P	2003	6,33	5,5
sorgo molido P	2003	2	2
sorgo molido P	2003	10,17	9,36
sorgo molido P	2003	4,02	4,02
sorgo molido P	2003	1,22	1,22
sorgo molido P	2003	4,74	4,05
sorgo molido P	2003	5,17	4,78
sorgo molido P	2003	4,62	4,62
sorgo molido P	2003	11,99	10,8
Sorgho grains v	2003	9,9	8,74
Sorgho grains v	2003	0,66	0,66
sorgo molido P	2003	4,1	4,1

sorgo molido P	2003	5,2	5,2
sorgo molido P	2003	0,89	0,89
sorgo molido P	2003	4,5	4,5
sorgo molido P	2003	99,2	91,5
sorgo molido P	2003	12,7	11,2
sorgo molido P	2003	11,3	10,5
sorgo molido P	2003	1,2	1,2
sorgo molido P	2003	6,0	6,0
sorgo molido P	2003	21,13	19,8
granos de sorgo v	2003	1,98	1,98
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	46,6	46,6
granos de sorgo v	2003	0	0
sorgo molido P	2003	17,26	15,6
sorgo molido P	2003	41,45	37,7
sorgo molido P	2003	63,58	59,66
sorgo molido P	2003	49,35	45,6
sorgo molido P	2003	3,6	3,6
sorgo molido P	2003	5,35	5,1
sorgo molido P	2003	12,86	12,2
sorgo molido P	2003	12,14	11,5
sorgo molido P	2003	10,1	10,1
sorgo molido P	2003	58,92	55,5
sorgo molido P	2003	3,2	3,2
sorgo molido P	2003	1,72	1,72
sorgo molido P	2003	22,89	21,81
sorgo molido P	2003	37,83	36
sorgo molido P	2003	2,57	2,57
sorgo molido P	2003	5,68	5,42
sorgo molido P	2003	12,16	9,8
sorgo molido P	2003	40,42	35,8
sorgo molido P	2003	70,3	64
sorgo molido P	2003	6,57	6,1
sorgo molido P	2003	13,52	10,8
sorgo molido P	2003	16,05	15,2
sorgo molido P	2003	4,08	3,82

sorgo molido P	2003	4,5	4,14
sorgo molido P	2003	0	0
sorgo molido P	2003	4,92	4,6
sorgo molido P	2003	0,93	0,93
sorgo molido P	2003	14,64	14,3
sorgo molido P	2003	46,8	44,8
sorgo molido P	2003	64,17	55,3
sorgo molido P	2003	99,79	95,96
sorgo molido P	2003	30,77	29,7
sorgo molido P	2003	18,75	15,9
sorgo molido P	2003	4,48	2,36
sorgo molido P	2003	8,89	8,89
sorgo molido P	2003	6,98	6,98
sorgo molido P	2003	15,17	14,5
sorgo molido P	2003	0	0
sorgo molido P	2003	0	0
sorgo molido P	2003	2,42	2,42
sorgo molido P	2003	44,26	40,8
sorgo molido P	2003	17,65	16,7
sorgo molido P	2003	4,6	4,6
sorgo molido P	2003	1,5	1,5
sorgo molido P	2003	30,72	29,3
sorgo molido P	2003	101,9	73,8
sorgo molido P	2003	78,4	74,4
sorgo molido P	2003	14,04	13,4
sorgo molido P	2003	13,16	12,5
sorgo molido P	2003	77,4	73,4
sorgo molido P	2003	0	0
sorgo molido P	2003	53,6	50,4
sorgo molido P	2003	8,5	8,5
sorgo molido P	2003	2,1	2,1
sorgo molido P	2003	11,8	11,8
sorgo molido P	2003	37,6	35,6
sorgo molido P	2003	107,7	102,4
sorgo molido P	2003	0	0
sorgo molido P	2003	35,18	33,5
sorgo molido P	2003	53,13	49,5

sorgo molido P	2003	6,1	6,1
sorgo molido P	2003	7,4	7,4
sorgo molido P	2003	3,5	3,5
sorgo molido P	2003	232,6	221,6
sorgo molido P	2003	15,18	14,5
sorgo molido P	2003	76,8	72,8
sorgo molido P	2003	63,3	59
sorgo molido P	2003	13,2	12,5
sorgo molido P	2003	0	0
sorgo molido P	2003	83,4	66,7
sorgo molido P	2003	18	17
sorgo molido P	2003	12,2	11,7
sorgo molido P	2003	821,43	783
sorgo molido P	2003	444,8	408,6
sorgo molido P	2003	9,75	9,75
sorgo molido P	2003	3,41	3,41
sorgo molido P	2003	5,51	5,51
sorgo molido P	2003	6,52	6,52
sorgo molido P	2003	3,78	2,63
sorgo molido P	2003	16,75	16,75
granos de sorgo v	2003	24,36	22,5
granos de sorgo v	2003	54,36	49,87
granos de sorgo v	2003	9,18	8,32
granos de sorgo v	2003	10,38	9,6
granos de sorgo v	2003	3,83	3,83
granos de sorgo v	2003	5,46	5,46
granos de sorgo v	2003	11,04	10,45
granos de sorgo v	2003	6,25	5,5
granos de sorgo v	2003	291,72	273,48
granos de sorgo v	2003	0,57	0,57
granos de sorgo v	2003	7,55	6,9
granos de sorgo v	2003	17,98	17,1
granos de sorgo v	2003	0,47	0,47
granos de sorgo v	2003	0,61	0,61
granos de sorgo v	2003	20,56	16,7
granos de sorgo v	2003	14,92	12,36
granos de sorgo v	2003	0	0

granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	0,87	0,87
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	1,13	1,13
granos de sorgo v	2003	32,91	32,3
granos de sorgo v	2003	23,24	22,31
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	4,94	4,94
granos de sorgo v	2003	8,7	8,27
granos de sorgo v	2003	1,57	1,57
granos de sorgo v	2003	35,99	34,2
granos de sorgo v	2003	10,77	10
granos de sorgo v	2003	7,09	6,7
granos de sorgo v	2003	410,2	381
granos de sorgo v	2003	3,5	3,5
granos de sorgo v	2003	8,6	8,6
granos de sorgo v	2003	45,6	43,6
granos de sorgo v	2003	37,92	36
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	58,1	54,4
granos de sorgo v	2003	10,06	9,5
granos de sorgo v	2003	4,6	4,6
granos de sorgo v	2003	8,16	8,16
granos de sorgo v	2003	44,7	42,5
granos de sorgo v	2003	273,1	259
granos de sorgo v	2003	7,2	7,2
granos de sorgo v	2003	2,11	2,11
granos de sorgo v	2003	12,7	12
granos de sorgo v	2003	23,23	21,97
granos de sorgo v	2003	21,23	19,98
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	9,11	7,9
granos de sorgo v	2003	0	0
granos de sorgo v	2003	1	1
granos de sorgo v	2003	62,4	56,4

granos de sorgo v	2003	9,3	9,3
granos de sorgo v	2003	24,36	22,5
granos de sorgo v	2003	13,2	7,8
granos de sorgo v	2003	4,94	4,94
granos de sorgo v	2003	0	0