

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS

S



Organización de las Naciones
Unidas para la Agricultura
y la Alimentación



Organización
Mundial de la Salud

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia - Tel: (+39) 06 57051 - Fax: (+39) 06 5705 4593 - E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.net

Tema 9(a) del programa

CX/CF 11/5/9

Enero de 2011

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

5ª reunión

La Haya (Países Bajos), 21 - 25 de marzo de 2011

DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LAS MICOTOXINAS EN EL SORGO

Preparado por Sudán con la asistencia de Bélgica, Brasil, Japón y los Estados Unidos de América

INFORMACIÓN GENERAL

1. En 2005 la 36ª reunión del Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC) decidió solicitar información sobre las micotoxinas en el sorgo, que incluyera las micotoxinas en cuestión, métodos analíticos y procedimientos de toma de muestras, protección de los consumidores y posibles problemas en el comercio internacional. En su 37ª reunión, el Comité señaló que en respuesta a la solicitud solamente Japón había presentado información y decidió suspender este trabajo.
2. En la 2ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF), la delegación de Sudán manifestó que el sorgo es un cultivo principal en los países africanos y solicitó que la cuestión de las micotoxinas en el sorgo se examinara en la sesión plenaria. El Comité decidió establecer un grupo de trabajo por medios electrónicos dirigido por Túnez para que preparase un documento de debate con una relación general de los datos disponibles sobre las micotoxinas en el sorgo, con vistas a una posible evaluación por el JECFA.
3. El documento de debate presentado en la 3ª reunión del CCCF contenía información sobre la producción mundial de sorgo, el uso del sorgo como alimento y pienso en todo el mundo, y la conservación del mismo para evitar su deterioro. Se presentaron datos sobre contaminación como tres casos de estudio diferentes, de Túnez, Sudán y Brasil (da Silva *et al.*, 2004). La Secretaría del JECFA manifestó que además de considerar las fumisininas en el contexto del maíz, el Grupo de trabajo sobre prioridades debía considerar también el sorgo.
4. El Comité sometió a consideración si era necesario desarrollar un anexo específico sobre la prevención y la reducción de la contaminación por aflatoxinas en el sorgo al *Código de prácticas para la prevención y la reducción de la contaminación por micotoxinas en los cereales*, pero concluyó que la delegación de Túnez continuaría recopilando todos los datos disponibles y proporcionara una relación general más completa para debatirlo en la siguiente reunión.
5. En la 4ª reunión del CCCF, el documento de debate no estaba disponible para su debate y la delegación de Sudán, apoyada por otras delegaciones, propuso que se mantuviera este tema del programa y se ofreció como voluntaria para recopilar todos los datos disponibles, y preparar un documento general a fin de que el Comité lo sometiera a debate en la siguiente reunión.
6. El Comité decidió que ese nuevo documento de debate debía concentrarse en dos aspectos principales: los hongos productores de micotoxinas que se ha señalado que se han encontrado en el sorgo y el tipo de micotoxinas y sus niveles encontrados en ese grano.
7. Este documento de debate ha sido preparado por Sudán, con la asistencia de Bélgica, Brasil, Japón y los Estados Unidos de América, y está basado en las publicaciones que figuran en la lista de referencia.

INTRODUCCIÓN

8. Generalmente se denomina como sorgo cualquiera de las distintas plantas del género *Sorghum*, familia de las Poaceas, subfamilia de las Panicoideae. *Sorghum bicolor* (L.) Moench es la especie cultivada como grano para el consumo humano y pienso. El sorgo es el quinto cultivo de cereales más importante del mundo, después del arroz, el trigo, el maíz y la cebada. Es el principal alimento de granos para más de 750 millones de personas que viven en los trópicos semiáridos de África, Asia y América Latina.

9. Normalmente el sorgo es un cultivo anual, pero algunas variedades son perennes. El sorgo se produce en latitudes de 45° norte y sur en regiones que son demasiado calurosas o demasiado secas para la producción de maíz. Necesita una temperatura media mínima de 25° C para dar el mayor rendimiento de granos.

10. En la mayoría de las zonas el factor limitante agroclimático para la producción del sorgo es la humedad. Las características morfológicas del cultivo hacen que sea uno de los cultivos de cereales cultivados actualmente que más toleran la sequía. Con respecto a la proporción de superficie tiene una raíz grande y durante la sequía enrolla sus hojas para reducir la pérdida de agua por transpiración. Si la sequía continúa, queda en estado latente en lugar de perecer. Las hojas están protegidas por una cutícula cerosa para cortar la evaporación-transpiración.

11. El Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI) advierte que antes del año 2025, el 25 % de la población mundial sufrirá grave escasez de agua. La productividad de agua tanto en zonas irrigadas como en zonas de secano puede aumentarse mediante la utilización de cultivos que tienen un uso más efectivo del agua, como el sorgo.

12. Los Estados Unidos de América son el mayor productor mundial de sorgo, seguidos de Nigeria y la India (cuadro 1). En 2008 Argentina tenía la mayor productividad, seguida de China y EE.UU. Regionalmente, el África Subsahariana es el mayor productor, con una producción de más de 26 millones de toneladas al año, y es también el mayor consumidor (cuadro 2).

13. El mayor grupo de productores en África son los campesinos de subsistencia a pequeña escala con acceso mínimo a insumos de producción, como plaguicidas fertilizantes, semillas mejoradas (híbridos o variedades), buen suelo, agua y facilidades de crédito mejoradas además de muchos obstáculos socioeconómicos. Dados los bajos sistemas de insumos, en todos los países africanos y la India los niveles de productividad son muy bajos y varían entre 1,5 y menos de 0,6 toneladas por ha. en Etiopía y Sudán, respectivamente (cuadro 1). En general, el cambio más importante en la productividad del sorgo ha sido el desarrollo del sorgo híbrido. Por término medio, los sistemas producen entre 3 y 5 toneladas por ha dependiendo de semillas híbridas.

Cuadro 1: principales países en la producción mundial de sorgo - 2008*

País	Producción (en millones de toneladas)	Superficie (en ha)	% de la producción mundial	Productividad (en t/ha)
EE.UU.	11 997	2 942 170	17,51	4 077
Nigeria	9 318	7 617 000	13,60	1 223
La India	7 926	7 764 000	11,57	1 021
México	6 641	1 833 130	9,69	3 622
Sudán	3 869	6 619 330	5,64	0,584
Australia	3 072	845 000	4,48	3 635
Argentina	2 936	618 625	4,24	4 746
China	2 502	580 649	3,65	4 303
Etiopía	2 316	1 533 537	3,38	1 510
Brasil	1 965	811 662	2,86	2 421

Burkina Faso	1 875	1 901 776	2,74	0,986
Otros	14 073	12 465 013	20,54	1 129

*Fuente: División de Estadística de la FAO, 21 de junio de 2010.

Cuadro 2: producción, consumo e importación regional de sorgo (en millones de toneladas) 2008/2009*

Región	Producción	Consumo nacional	Importaciones
África Subsahariana	26 497	26 885	597
Norteamérica	19 066	16 919	2 499
Asia Meridional	7 455	7 349	14
Sudamérica	4 625	4 491	665
Oceanía	2 690	1 805	0
Este de Asia	1 857	3 699	1 719
África del Norte	915	965	45
Oriente Medio	612	724	81
UE	516	905	66
América Central	298	316	-
Caribe	128	128	0
Este de Asia Meridional	60	68	-
Total mundial	64 718		

Fuente*: Departamento de Agricultura de EE.UU. - Servicio de Agricultura Exterior, Mercado y Comercio Mundial de Grano (12/8/2010)

14. La producción total mundial de sorgo en 2008/2009 fue de más de 64 millones de toneladas. La producción de sorgo destinada al comercio mundial fue de aproximadamente un 9,4 % de la producción total mundial. EE.UU. produjeron el 59 % de las exportaciones mundiales, seguidos de Australia (22 %) y Argentina (15 %). México y Japón produjeron en torno al 41 % y el 27 %, respectivamente de las importaciones totales mundiales.

15. El Codex Alimentarius (norma del Codex 172-1989) estableció requisitos para la exportación y garantía de calidad del sorgo. La norma de aplicación al sorgo para el consumo humano directo dice que los granos de sorgo deben estar exentos de sabores y olores extraños; ser inocuos y estar exentos de suciedad y de insectos vivos; puede ser blanco, rosado, rojo, marrón, anaranjado, amarillo o una mezcla de esos colores. El contenido en humedad no excederá de 14,5 %, en ceniza de 1,5 % y en proteínas no será inferior al 7 % referido al producto seco. El producto será conforme al Código Internacional de Prácticas Recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos CAP/RCP1-1969.

16. El sorgo puede mejorar la nutrición, fomentar la seguridad alimentaria, favorecer el desarrollo rural y ayudar al cuidado de la tierra. Normalmente su nivel de proteínas es de alrededor del 9 %, permitiendo a las poblaciones humanas subsistir en base a él en tiempos de hambre. Algunas variedades de sorgo son ricas en

antioxidantes y todas las variedades de sorgo están exentas de gluten, una atractiva alternativa para quienes son alérgicos al trigo o sufren enfermedad celiaca.

MICOTOXINAS SEÑALADAS EN EL SORGO EN GRANO

17. Mundialmente se ha señalado presencia de micotoxinas en el sorgo en grano en doce países. Esos países son: Australia, Brasil, Colombia, Etiopía, la India, Japón, Nigeria, Sudáfrica, Sudán, Túnez, Uganda y los Estados Unidos de América (cuadro 3). En el cultivo se han confirmado al menos nueve tipos de micotoxinas. En el cuadro 3 se indica la contaminación por país desde el punto de vista de la intensidad (% de muestras contaminadas) y el nivel ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de cada tipo de micotoxinas.

18. Aflatoxinas se señalaron en nueve países: Australia (Ryle, 2010), Brasil (da Silva, 2004), Etiopía (Amare Ayalew, 2006), la India (Tripathi, 1973; Bhat, 2000); Nigeria (Hussaini, 2009); Sudán (CX/CF09/12.2009); Túnez (Ghali, 2007, 2009); Uganda (Alpert, 1971) y los Estados Unidos de América (Stoloff, 1976; Shotwell, 1969). La intensidad más elevada, 100%, se señaló en la India y el nivel más elevado de 3 282 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en Brasil.

19. Fumonisinás se señalaron en cuatro países: Brasil (da Silva, 2004); Etiopía (Amare Ayalew, 2006); la India (Bhat, 2000) y los Estados Unidos de América (Trucksess, 2000). En la India se señalaron intensidad, 100%, y un nivel de 7 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

20. Ocratoxinas se señalaron en cuatro países: Etiopía (Amare Ayalew, 2006); Nigeria (Hussaini, 2009); Sudán (Anon, 2010) y Túnez (Ghali, 2007). En Etiopía se señalaron tanto la intensidad más elevada (24 %) como el nivel más elevado de 2 106 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

21. Zearalenona se señaló en tres países: Colombia (Diaz, 1997), Etiopía (Amare Ayalew, 2006) y Japón (Aoyama, 2009); la intensidad más elevada (55,6 %), en Colombia y el nivel más elevado de 7 260 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en Japón.

22. Alternariol se señaló en Sudáfrica (Sydeham, 1988) y los Estados Unidos de América (Hagler, 1987). El nivel más elevado de 2 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ se señaló en Sudáfrica.

23. Deoxinivalenol se señaló en Etiopía solamente (Amare Ayalew, 2006), a una intensidad del 48,8% y el nivel más elevado de 2 340 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

24. Ergosina se señaló en Australia (Ryle, 2010). No se indicaron ni la intensidad ni el nivel.

25. Altenueno se señaló en la India (Ansari, 1990). El nivel más elevado fue de 700 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

26. Nivalenol se señaló en Etiopía (Amare Ayalew, 2006), en baja frecuencia y un nivel elevado de 380 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

27. El sorgo, al ser un cultivo tropical y subtropical, se cultiva normalmente en zonas donde la temperatura y la humedad son favorables para que se desarrollen más los hongos productores de aflatoxinas que otros hongos.

Cuadro 3: micotoxinas, hongos productores, intensidad y nivel de contaminación en el sorgo en grano señalados mundialmente- septiembre de 2010

País	Micotoxinas aladasñse	Hongos productores	Contaminación		Referencias
			Intensidad (en %)	Nivel en $\mu\text{g}/\text{kg}$	
Argentina*	n.d**	Fusario, Aspergillus y Penicillium spp. fueron aislados sin mencionar las micotoxinas	n.d	n.d	Gonzalez <i>et al.</i> , 1997

pertinentes					
Australia	Ergosina	<i>Claviceps africana</i>	n.d	n.d	Ryle, 2010
	Aflatoxinas	n.d	n.d	n.d	Ryle, 2010
Brasil	Aflatoxinas B1 y B2	<i>A. flavus</i>	64,4	12 -3 282,5	da Silva <i>et al.</i> , 2004.
	Fumonisinina B1	<i>F. verticillioides</i>	91,5	1,2-5,38	da Silva <i>et al.</i> , 2004.
		<i>F. proliferatum</i>	n.d	bajo	da Silva <i>et al.</i> , 2004.
Colombia	Zearalenona	n.d	55,6	36-3 659	Diaz y Cespedes 1997
Etiopía	Aflatoxina B1	n.d	8,8	vestigio-26	Amare Ayalew <i>et al.</i> , 2006
	Ocratoxina A	n.d	22	54,1-2 106	Amare Ayalew <i>et al.</i> , 2006
	Deoxinivalenol	n.d	48,8	40-2 340	Amare Ayalew <i>et al.</i> , 2006
	Nivalenol	n.d	bajo	50-380	Amare Ayalew <i>et al.</i> , 2006
	Fumonisininas	n.d	bajo	2 117	Amare Ayalew <i>et al.</i> , 2006
	Zearalenona	n.d	bajo	32	Amare Ayalew <i>et al.</i> , 2006
La India	Fumonisininas B1	<i>F.moniliforme</i> <i>F.proliferatum</i>	4,5 normal 100 afectado por la lluvia	150-510 normal 70-7 800 afectado por la lluvia	Bhat <i>et al.</i> ,2000.
	Aflatoxinas B1	<i>A. flavus</i>	2,5 normal. 100 afectado por la lluvia	vestigio-30 normal 2-830 afectado por la lluvia	Bhat <i>et al.</i> , 2000.
	Aflatoxinas B1, B2, G1, G2	n.d	n.d	600-800	Tripathi, 1973.
	Alternariol monometil éter (AME)	n.d	n.d	600-1 800	Ansari y Shrivastava, 1990
	Altenueno (ALT)	n.d	n.d	20-700	Ansari y Shrivastava, 1990

* : ninguna micotoxina específica mencionada

** : ningún dato

Cuadro 3: continuación

País	Micotoxinas aladasñe	Hongos productores	Contaminación		Referencias
			Intensidad (en %)	Nivel en µg/kg	
Japón	Zearalenona	<i>F. semitectum</i>	52,5	60-7 260	Aoyama, <i>et al.</i> ,2009

México*	Información general sobre micotoxinas en los cultivos de cereales sin referencia específica al sorgo	n.d	n.d	n.d	García y Heredia, 2006
Nigeria	Aflatoxinas B1	<i>A. flavus</i>	54	0-1 164.	Hussaini <i>et al.</i> , 2009
	Ocratoxina A	n.d	20,5	0-712.	
	Zearalenona	n.d	35,5	0-1 454	
Sudáfrica	Zearalenona	n.d	n.d	0,8- 1,25	Sydenham <i>et al.</i> ,1988
	Alternariol monometil éter	n.d	n.d	1 250-2 250	Sydenham <i>et al.</i> ,1988
Sudán	Aflatoxinas B1	n.d	17,8	1-7	CX/CF09/12. 2009
	Aflatoxinas B2	n.d	3,5	1,5	CX/CF09/12. 2009
	Ocratoxinas	<i>A. ochraceus</i>	n.d	vestigio-6,9	Anónimo, 2010
Túnez	Ocratoxinas	n.d	n.d	n.d	Ghali <i>et al.</i> , 2007
	Aflatoxinas B1	n.d	n.d	34-0,53	Ghali <i>et al.</i> , 2009
	Aflatoxinas B2	n.d	n.d	0,11-3,7	Ghali <i>et al.</i> , 2009
	Aflatoxinas G1	n.d	n.d	0,45-0,70	Ghali <i>et al.</i> ,2007
Uganda	Aflatoxinas	n.d	n.d	n.d	Alpert <i>et al.</i> ,1971
EE.UU.	Aflatoxinas	n.d	1,3	<19	Shotwell <i>et al.</i> , 1969b
	Aflatoxinas	n.d	3	13-50	Stoloff, 1976
	Aflatoxinas	n.d	56	1-99	Shotwell <i>et al.</i> ,1969a
	Alternariol monoetil éter	n.d	n.d	443	Hagler <i>et al.</i> ,1987
	Fumonisinias B1	n.d	2,8	120	Trucksess <i>et al.</i> , 2000

MICOTOXINAS SEÑALADAS EN PRODUCTOS DE SORGO

28. En muchas partes del mundo, el sorgo se utiliza en alimentos como gachas, pan sin levadura, galletas, bizcochos, bebidas malteadas y bebidas no alcohólicas. La preparación tradicional de alimentos de sorgo es muy variada, siendo el cocido la más sencilla. Para este tipo de producto normalmente se desean granos pequeños. El grano entero puede molerse para convertirlo en harina o ser decorticado antes de molerlo para producir un producto de partículas finas o harina que seguidamente se utiliza en distintos alimentos tradicionales. Lejos de la utilización no tradicional del sorgo, los intentos en algunos países por elaborar harina compuesta y la utilización de los procesadores de alimentos japoneses para la harina de sorgo en la elaboración de recetas, que dan lugar a la comercialización de productos para aperitivos, son ejemplos pertinentes. Se ha anticipado que en Norteamérica aparecerán más productos a base de sorgo blanco (USA Grain Council, 2009). En los párrafos siguientes se ofrecen algunos de los ejemplos más recientes de la contaminación de los productos del sorgo con micotoxinas.

29. En los Estados Unidos de América, Trucksess *et al.* (2000) analizaron las fumonisinas B1 en 35 muestras de jarabe de sorgo recogidas en 15 estados. Una muestra se comprobó que contenía FB1 a 0,12 µg/g (límite de cuantificación de 0,1 µg/g).

30. En Botswana, Nkwe *et al.* (2005) aislaron de 46 muestras de malta, mosto y cerveza de sorgo tradicional, *F. verticillioides* y *A. flavus* en el 72 % y el 37 % de las muestras, respectivamente. No se detectaron aflatoxinas. En la malta se detectaron fumonisinas B1 a una intensidad del 6,5 % y nivel de 47-1 316 µg/kg. Zearalenona se detectó en: malta a una intensidad del 56 % y nivel de 102-2 213 µg/kg, mosto a una intensidad del 48 % y nivel de 26-285 µg/L, y en cerveza a una intensidad del 48 % y nivel de 20-201µg/L.

31. En Brasil, Campos *et al.* (2008) aislaron de harina de sorgo *Aspergillus* spp (75,3 %), *Alternaria* spp. (22,3 %) y *Fusarium* spp. (2,4 %). El setenta y siete por ciento de las cepas en *A. flavus* eran productoras de aflatoxinas. Todas las muestras examinadas estaban contaminadas con aflatoxinas a niveles entre 0,1 µg/kg y 23,8 µg/kg.

32. In la India, Bhat *et al.* (2000) trabajando con muestras fortificadas de sorgo con fumonisinas B1 comprobaron una reducción insignificante del 6,4 % en el nivel de fumonisinas en el horneado de pan plano y una reducción del 11,9 % en el cocido de gachas.

33. Mendez-Albores *et al.* (2008) evaluaron el efecto del procedimiento de extrusión-cocinado en la estabilidad de aflatoxinas B en el sorgo (a 140 µg/kg) con la adición de distintas concentraciones de ácidos. El ácido cítrico redujo las aflatoxinas en un 92 % en comparación con la reducción del 67 % por el ácido láctico.

PELIGROS ASOCIADOS PARA LA SALUD

34. Las micotoxinas señaladas en el sorgo están asociadas con peligros para el ser humano y los animales con distintos grados de pruebas epidemiológicas. La aflatoxina B1 es hepatotóxica, mutagénica, cancerígena y probablemente teratogénica en los animales. Las fumonisinas producen síndrome de ataxia que provoca la muerte de caballos y burros, y están asociadas con cáncer de esófago en el ser humano. Se cree que las ocratoxinas producen una enfermedad crónica renal y posiblemente están relacionadas con cáncer testicular en el ser humano. El deoxinivalenol reduce el consumo de pienso, produce vómitos e inmunosupresión. La zearalenona tiene efectos estrogénicos en los mamíferos. La ergosina produce vómitos, desequilibrio endocrino, convulsiones y trastornos de las funciones mentales.

NORMAS

35. Muchos países han establecido sistemas normativos para las aflatoxinas y ocratoxinas, y unos pocos para el deoxinivalenol y la zearalenona, en general, o para algunos cultivos específicos, como el maíz y el trigo. Se dispone de una variedad de métodos para sus análisis. Entre los métodos utilizados ampliamente se encuentran el método de cromatografía líquida de alto rendimiento con detección de la fluorescencia o cromatografía líquida en combinación con espectrometría de masas.

CONCLUSIONES

36. Los principales países productores de sorgo en grano pueden dividirse en cuatro categorías, desde el punto de vista de producción, productividad, comercio y utilización:

- Países con alta producción, alta productividad, exportación elevada y que utilizan sorgo como pienso y en otras actividades industriales. En esta categoría se encuentran los Estados Unidos de América, Australia y, en menor medida, Argentina.
- Países con alta producción, alta productividad, ninguna exportación y que utilizan sorgo como pienso. Esta categoría sólo está representada por México.
- Países con alta producción, baja productividad, poca o ninguna exportación y que utilizan sorgo como alimento y pienso. En esta categoría se encuentran Nigeria, la India y, en menor medida, Etiopía.
- Países con producción entre media y baja, productividad muy baja, muy poca exportación y que importan sorgo con frecuencia. Utilizan el sorgo como alimento y pienso. En esta categoría se encuentran Sudán y Burkina Faso.

37. Los registros e información sobre la presencia de micotoxinas en el sorgo en grano de muchos países son incompletos. En algunos casos se menciona solamente el género, como *Fusarium*, *Penicillium* etc. de los hongos productores sin mencionar incluso la toxina que producen. En otros, se menciona una micotoxina sin mencionar el hongo productor. En muchos casos se señalaron las toxinas sin indicar el grupo de las micotoxinas, como aflatoxinas B1, G1. Por lo general, la intensidad y el nivel de contaminación están bien expresados.

38. Los principales hongos toxigénicos señalados en el sorgo en grano fueron: *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. ochraceus*, *Alternaria alternata*, *Claviceps africana*, *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. graminearum* y *F. semitectum*.

39. Las aflatoxinas fueron las micotoxinas más investigadas en el sorgo en grano. Se señalaron en Australia, Brasil, Etiopía, la India, Nigeria, Sudán, Túnez, Uganda y los Estados Unidos de América a niveles hasta 3 282 µg/kg. También se señalaron con frecuencia fumonisinas, ocratoxina A y zearalenona en varios países. En un estudio en Etiopía se señalaron los tricotecenos deoxinivalenol y nivalenol. En otro, en Australia, la ergosina.

40. También se han señalado hongos toxinogénicos y micotoxinas en el sorgo procesado, como harina y cerveza de sorgo.

RECOMENDACIONES

- Desarrollo de un **código de prácticas** para la gestión de las micotoxinas pertinentes en el sorgo en grano antes y después de la cosecha.
- Evaluación por el JECFA de los datos sobre micotoxinas en el sorgo en grano, recopilados en este documento.
- Establecimiento de **una red** para definir las zonas de investigación eminentes, coordinar y ejecutar los programas de investigación propuestos sobre micotoxinas en el sorgo.
- Más investigación con respecto a la **presencia** de micotoxinas en el sorgo en las distintas partes del mundo, en especial donde el sorgo es el principal cultivo de cereales, y en los principales países productores y exportadores donde el cultivo se utiliza mayoritariamente como pienso.
- Más estudios sobre la **fase crítica** específica en que se produce la contaminación con los distintos hongos productores de micotoxinas en el sorgo en grano.
- Más estudios sobre los **factores físicos** que afectan al crecimiento de hongos y la formación de micotoxinas en el sorgo en grano en las condiciones antes y después de la cosecha.
- Desarrollo de **métodos rápidos y estándar** para la identificación de las cepas tóxicas dentro de los hongos productores de toxinas y para medir los niveles de micotoxinas en el sorgo en grano.
- Iniciar estudios sobre los efectos del **procesado tradicional** del sorgo en grano en la contaminación inicial.

REFERENCIAS

- Alpert, G. E., Hutt, G. S. R., Wogan, G. N. and Davidson, C. S. 1971. Association between aflatoxin content of food and hepatoma frequency in Uganda. *Cancer*. 28: 253-260.
- Amare Ayalew, Hartmut Fehrmann, John Lepschy, Robert Beck and Dawit Abate. 2006. Natural occurrence of mycotoxins in staple cereals from Ethiopia. *Mycopathologia*. 162: 57 – 63.
- Anonymous, 2010. Annual Report, Sudanese Centre for Mycology. Sudanese Standard & Metrology Organization. Khatoum, Sudan.
- Ansari, A.A. and Shrivastava, A.K. 1990. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in sorghum and ragi from North Bihar, India. *Food Additives and Contaminants*. 7: 815-820.
- Aoyama, K., Ishikuro, E., Nishiwaki, M., Ichinoe, M. 2009. Zearalenone contamination and the causative fungi in sorghum. *J. Food Hyg. Soc.* 50(2): 47-51

- Bandyopadhyay, R., Frederickson, D.E., McLaren, N.W., Odvody, G. N., Ryley, M.J. 1998. Ergot: a new disease threat to sorghum in the Americas and Australia. *Plant Disease*. 82(4):356-367.
- Bandyopadhyay, R., Kumar, M., Leslie, J. 2007. Relative severity of aflatoxin contamination of cereal crops in West Africa. *Food Additives and Contaminants* 24 (10):1109-1114.
- Bhat, R.V., Shetty, H.P.K., and Vasanthi, S. 2000 Human and animal health significance of mycotoxins in sorghum with special reference to fumonisins. Pages 107-115, in technical and institutional options for sorghum grain mold management. Proceedings of an international consultation. 18-19 May 2000, ICRISAT Patancheru, India.
- Broggi, L.E., Gonzalez, H.H.L., Resnik, S.L.R., Pacin, A. 2007. *Alternaria alternate* prevalence in cereal grains and soybean seeds from Entre Rios, Argentina. *Rev. Iberoam. Micol.* 24:47-51.
- Campos, S.G., Cavaglieri, L.R., Fernandez Juri, A.M., Dalcero, C., Kruger, L.A.M. Keller, Magnoli, C.E., Rosa, C.A.R. 2008. Mycobiota and aflatoxins in raw materials and pet food in Brazil. *J. Animal Physiology and Animal Nutrition* 92:377-383.
- Davis, N.D. and Diener, U.L. 1970. Environmental factors affecting the production of aflatoxin. In: Herzberg, M., ed. *Proceeding of the First US-Japan Conference on Toxic Microorganisms*. Washington, D.C US Govt. Printing Office, pp.43-47.
- da Silva, J.B., Dilkin, P., Fonseca, H. and Correa, B. 2004. Production of aflatoxins by *Aspergillus flavus* and of fumonisins by *Fusarium* species isolated from Brazilian sorghum. *Braz. J. Micobiol.* 35(3):182-186.
- Diaz, Gonzalo J. and Cespedes, Angel E., 1997. Natural occurrence of zearalenone in feeds and feedstuffs used in poultry and pig nutrition in Colombia. *Mycotoxin Resarch*. 13:81-87.
- Garcia, S. and Heredia, N. 2006. Mycotoxins in Mexico: Epidemiology, management, and control strategies. *Mycopathologia*, 162: 255 – 264.
- Ghali, R., Hmaissia-Khalifa, K., Ghobbel, G., Maaroufi K., and Hidili, A. 2007. Incidence of aflatoxins ochratoxin A and zearalenone in Tunisian food. *J. Food Con.* 19: 921-924.
- Ghali, R., Belouaer I., Hdiri S., Ghorbel, H., Maaroufi K., Hedilli A. 2009. Simultaneous HPLC determination of aflatoxin B1, B2 G1 and G2 in Tunisian sorghum and pistachios. *Journal of Food Composition and Analysis*: 751-755
- Gonzalez, H.H.L. Martinez, E.J. and Resnik, S.L. 1997. Fungi associated with sorghum grain from Argentina. *Mycopathologia*. 139:35-41.
- Hagler, W.M. Jr., Bowman, D.T., Babadoost, M.; Haney, C.A., Swanson, S.P. 1987. Aflatoxin, zearalenone and deoxynivalenol in North Carolina grain sorghum. *Crop Science*. 27:1273-1278.
- Hesseltine, C.W. 1976. Conditions leading to mycotoxin contamination of food and feed. In: Rodrick, J.V., ed. *Mycotoxins and other related food problems*, Washington, D.C., American Chemical Society. pp.1-22 (advances in Chemistry Series 149).
- Hussaini, A.M., Timothy, A.G., Olufunmilayo, H.A., Ezekiel, A.S. and Godwin, H.O. 2009. Fungi and some mycotoxins found in mouldy sorghum in Niger State, Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences* 5(1) 5-17.
- Krausz, J. and Isakei, T. 1998. Sorghum ergot new disease threat to sorghum industry. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A&M University System L 5179 6-98.
- Méndez-Albores, A., Martínez-Bustos, F., Gaytan-Martínez, M., Moreno-Martínez, E. 2008. Effect of lactic and citric acid on the stability of B-aflatoxins in extrusion-cooked sorghum. *Letters in Applied Microbiology* 47:1-7.
- Nelson, P.E. Desjardins, A.E., and Platner, R.D. 1993. Fumonisins, mycotoxins produced by *Fusarium* species: biology, chemistry, and significance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1993. 31:233-52.
- Nkwe, D.O., Taylor, J.E., Siame, B.A. 2005. Fungi, aflatoxins, fumonisin B1 and zearalenone contaminating sorghum-based traditional malt, wort and beer in Botswana. *Mycopathologia* 160:177-186

- Odhav B, Naicker V. Mycotoxins in South African traditionally brewed beers. *Food Addit Contam.* 2002 Jan; 19(1):55-61
- Reis, T.A., Zorzete, P. Pozzi, C.R., da Silva, V.N., Ortega, E., Correa, B. 2010. Mycoflora and fumonisin contamination in Brazilian sorghum from sowing to harvest. *J. Sci Food Agric.* 90:1445-1451.
- Ratnavathi, C.V., Sashidhar, R.B. 2003. Substrate suitability of different genotypes of sorghum in relation to *Aspergillus* infection and aflatoxin production. *J. Agric. Food Chem.* 51: 3482-3492.
- Ryle, M. 2010 Ergot affected and mouldy sorghum. Department of employment, economic development and innovation, Australia. Primary industries and fisheries 28.
- Shetty, P.H. and Bhat, R.V. 1997. Natural occurrence of fumonisins B1 and its co-occurrence with aflatoxin B1 in Indian sorghum, maize and poultry feed. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 45:2170-2173.
- Shotwell, O. L., Hesseltine, C. W., Burmeister, H. R., Kwolex, W. F., Shannon, G. M. and Hall, H. H. 1969a. Survey of cereal grains and soybeans for the presence of aflatoxin: II. Corn and soybeans. *Cereal Chem.*, 46. 454-463.
- Shotwell, O. L., Hesseltine, C. W., Burmeister, H. R., Kwolex, W. F., Shannon, G. M. and Hall, H. H. 1969b. Survey of cereal grains and soybeans for the presence of aflatoxin: I. Wheat, grain sorghum, and oats. *Cereal Chem.* 46: 446-454.
- Stoloff, L. 1976. Occurrence of mycotoxins in foods and feeds. In: Rodricks, J. V., ed. *Mycotoxins and other fungal related food problems*, Washington, DC, American Chemical Society, pp. 23-50 (Advances in Chemistry Series 149).
- Sydenham, E.W., Thiel, P.G., Marasas, F.O. 1988. Occurrence and chemical determination of zearalenone and alternariol monomethylether in sorghum-based mixed feeds associated with an outbreak of suspected hyperestrogenism in swine. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 36 :621-625.
- Tripathy, R. K., 1973. Aflatoxins in sorghum grains infested with head moulds. *Indian Exp. Biol.*, 11:361-362.
- Trucksess, M.W., Cho, T. and Ready, D. 2000. Liquid chromatographic method for fumonisins B1 in sorghum syrup and corn-based breakfast cereals *Food additives and contaminants* 17:161-166.