



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

**9.<sup>a</sup> reunión,  
Nueva Delhi, India, 16 – 20 de marzo de 2015**

**CUESTIONES DE INTERÉS PLANTEADAS POR LA FAO Y LA OMS (INCLUIDO EL JECFA)  
INFORME DEL ESTADO DEL PROYECTO FAO/OMS SOBRE MICOTOXINAS EN EL SORGO  
APOYADO POR EL FONDO FIDUCIARIO DEL CODEX**

1. El proyecto FAO/OMS sobre micotoxinas en el sorgo (2012-2014), puesto en práctica en cuatro países participantes, Burkina Faso, Etiopía, Mali y Sudán, está terminado. El proyecto tiene su origen en debates anteriores mantenidos en el Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF), sobre la posible necesidad de un nivel máximo de micotoxinas en el sorgo y fue financiado por la Comisión Europea a través del proyecto FAO/OMS y el Fondo para mejorar la participación en el Codex (Fondo Fiduciario del Codex). Informes previos sobre el estado del proyecto se proporcionaron a la 7.<sup>a</sup> reunión y 8.<sup>a</sup> reunión del CCCF, y esta nota proporciona un breve informe sobre los resultados clave del proyecto.
2. El proyecto proporciona: i) datos de la presencia de micotoxinas, e ii) información sobre la cadena de valor del sorgo en los cuatro países participantes. El principal objetivo del proyecto era proporcionar datos de la presencia de micotoxinas en los granos de sorgo, con muestras tomadas en 3 momentos diferentes a lo largo de toda la cadena durante un período de un año: lo antes posible después de la cosecha; inmediatamente antes de la temporada de lluvias; antes del final de las existencias anuales. El objetivo secundario era recopilar información sobre las prácticas agrícolas en el punto de muestreo a través de hojas de datos de muestras y sobre las prácticas de producción de sorgo a través del estudio de la cadena de valor.
3. Para asegurarse de datos consistentes de los cuatro países se desarrollaron protocolos, estandarizando el enfoque en el plan de muestreo, la recogida y preparación de las muestras, metodología de las cadenas de valor y análisis de datos. El análisis fue realizado por el Laboratorio de análisis de alimentos en la Universidad de Gante (acreditado por ISO 17025), utilizando un método validado multianálisis LC-MS/MS (Ediage et al., 2011<sup>1</sup>) que permite el análisis simultáneo de 23 micotoxinas<sup>2</sup>.
4. Las actividades del proyecto fueron implementadas por cuatro equipos nacionales, apoyados por personal de la FAO y la OMS, y un gestor de proyecto designado. Al final del proyecto se realizaron talleres nacionales en todos los países para debatir los resultados del proyecto y considerar el seguimiento pertinente.

<sup>1</sup> E. Njumbe Ediage, J. Diana Di Mavungu, C. Van Peteghem, S. De Saeger. (2011). Un método validado multianálisis LC-MS/MS para la cuantificación de 25 micotoxinas en muestras de harina de yuca, torta de maní y maíz. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59, 5173–5180.

<sup>2</sup>: Nivalenol, deoxinivalenol, fusarenon X, neosolaniol, 3-acetildeoxinivalenol, 15 acetildeoxinivalenol, aflatoxina G2, aflatoxina G1, aflatoxina B2, aflatoxina B1, diacetoxiscirpenol, altenueno, roquefortin C, toxina HT-2, fumonisina B1, fumonisina B2, fumonisina B3, alternariol, toxina T-2, ocratoxina A, zearalenona, esterigmatocistina y alternariol-monometiléter.

## PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL SORGO

5. En total se recogieron 1 532 muestras de sorgo en los cuatro países.
6. Se analizaron los siguientes parámetros para cada país:
  - El porcentaje **de muestras positivas de micotoxinas** de un país
  - El porcentaje **de muestras positivas para un compuesto específico** de un país
  - La **media** (aritmética y geométrica), **mínimo y máximo para un compuesto específico**
  - Análisis de **copresencia de micotoxinas**
  - La variabilidad como una función del **período de muestreo**
  - La variabilidad como una función de la **zona agroecológica**
  - Correlaciones** (de los niveles de contaminantes) con datos secundarios específicos recogidos durante el muestreo, por ejemplo, variedad, color del grano, estructura de almacenamiento y otros, si procede
7. Los resultados específicos del proyecto estarán disponibles en el informe final del proyecto, cuya publicación está prevista en 2015.
8. Entre los 23 compuestos que fueron probados con el método analítico se detectaron 16 micotoxinas diferentes en total, que son: aflatoxina B1 (AFB1), aflatoxina B2 (AFB2), aflatoxina G1 (AFG1), aflatoxina G2 (AFG2), fumonisina B1 (FB1), fumonisina B2 (FB2), fumonisina B3 (FB3), esterigmatocistina (STC), ocratoxina A (OTA), diacetoxiscirpenol (DAS), zearalenona (ZEA), toxina HT-2 (HT2), alternariol (AOH), alternariolmonometiléter (AME), deoxinivalenol (DON) y altenueno (ALT).
9. En el Cuadro 1 se adjunta información más detallada sobre la contaminación por micotoxinas en los cuatro países, proporcionando el número de muestras positivas para cada micotoxina, el límite de cuantificación, el límite de detección, cifras medias y máximas.
10. El resumen de los datos de los cuatro países muestra la proporción de muestras que contiene al menos una de las 16 micotoxinas detectadas en > LOQ para la ronda 1 = 31,5%, la ronda 2 = 32% y la ronda 3 = 36%.
11. Cabe señalar que dos micotoxinas (es decir, esterigmatocistina [STC] y diacetoxiscirpenol [DAS]), que hasta ahora normalmente no se habían detectado en África, tenían mucha predominancia.
12. En el gráfico 1 se proporciona información sobre copresencia, mostrando el número de muestras donde se encontró copresencia específica (dos) para cada país. Datos ulteriores disponibles muestran que en aproximadamente la mitad de las muestras positivas se observa copresencia de más de dos micotoxinas.
13. Los datos primarios están accesibles en la base de datos de SIMUVIMA en: <https://extranet.who.int/gemsfood/Search.aspx>.

## PRINCIPALES RESULTADOS DE ESTUDIOS DE LA CADENA DE VALOR

14. Los estudios de la cadena de valor demostraron que el sorgo es un pilar esencial de los medios de subsistencia, que permite a los agricultores producir en áreas marginales donde no se producen otros cultivos. De hecho, las superficies plantadas con sorgo han aumentado en los últimos años. El consumo general de sorgo por persona resultó ser relativamente alto, ya que el sorgo es la base de una gran variedad de productos (desde gachas a cerveza, con preferencias regionales para productos específicos). El sorgo muestra susceptibilidad media a la infestación por plagas, pero los mohos de los granos son muy comunes. La relación causal entre la infestación de mohos y contaminación por micotoxinas pocas veces es percibida por las partes interesadas, y los granos contaminados pueden entrar en la cadena alimentaria, consumidos directamente por el ser humano o utilizados como pienso animal. Sin embargo, en las zonas donde se implementaron actividades previas para abordar la contaminación de los cultivos por micotoxinas (por ejemplo, las aflatoxinas en cacahuetes), se comprobó que la concienciación era mayor. Los sistemas de producción son generalmente con pocos insumos, utilizando variedades locales. Se observó una amplia variedad de prácticas de almacenamiento, algunas propicias para la infestación fúngica. Las preocupaciones por robos en las zonas rurales pueden influir negativamente en las prácticas de secado y almacenamiento, por ejemplo el uso de plataformas de secado interrumpidas gradualmente, o trilla temprana de granos insuficientemente secos, utilización de bolsas de polipropileno, uso de sistemas de almacenamiento subterráneo para proteger los granos.

15. Si bien cada país presenta un conjunto de retos diferente, los cuatro estudios de la cadena de valor aportaron información útil para comprender algunas tendencias comunes en relación con las prácticas agrícolas, en el campo, en las fases de la cosecha y después de la cosecha. Estas se han utilizado para preparar un cuadro preliminar (Cuadro 2), que destaca las prácticas de alto y bajo riesgo que pueden permitir la preparación de un código de prácticas.

## **CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

### **Consideraciones para la adopción de medidas a nivel nacional y regional:**

16. Este proyecto proporciona datos adicionales sobre los niveles de contaminación del sorgo por micotoxinas, incluyendo algunas que hasta ahora han sido poco investigadas (p.ej., STC, DAS). También proporciona información valiosa para sustentar el desarrollo de códigos de prácticas para prevenir o reducir la contaminación por micotoxinas.

17. Sin embargo, en el proyecto no se han abordado las siguientes áreas de investigación:

- se tomaron muestras durante un período de un año solamente. Dada la variabilidad interanual de la contaminación por micotoxinas, ampliar el periodo de recolección de muestras a otro año proporcionaría valiosa información adicional;
- no se ha investigado el perfil fúngico;
- según el protocolo del proyecto, sólo se tomaron y analizaron muestras de grano y no productos específicos elaborados a base de sorgo, y
- el proyecto no interpretó los resultados según el riesgo para la salud; se necesitaría más trabajo sobre la evaluación de la exposición.

18. El Cuadro 2 presenta una lista de prácticas que pueden aumentar o reducir la contaminación. Se debe evaluar mejor el impacto real de las prácticas recomendadas seleccionadas, mediante ensayos controlados.

19. Los resultados de la cadena de valor destacan la necesidad de que los interesados tengan claras directrices sobre las buenas prácticas, apoyadas por una concienciación sobre los riesgos efectivos de las micotoxinas para la salud. Por tanto, un código de prácticas es muy necesario, lo cual sería la base para la formación y para campañas de sensibilización para apoyar la aplicación de mejores prácticas en toda la cadena del sorgo.

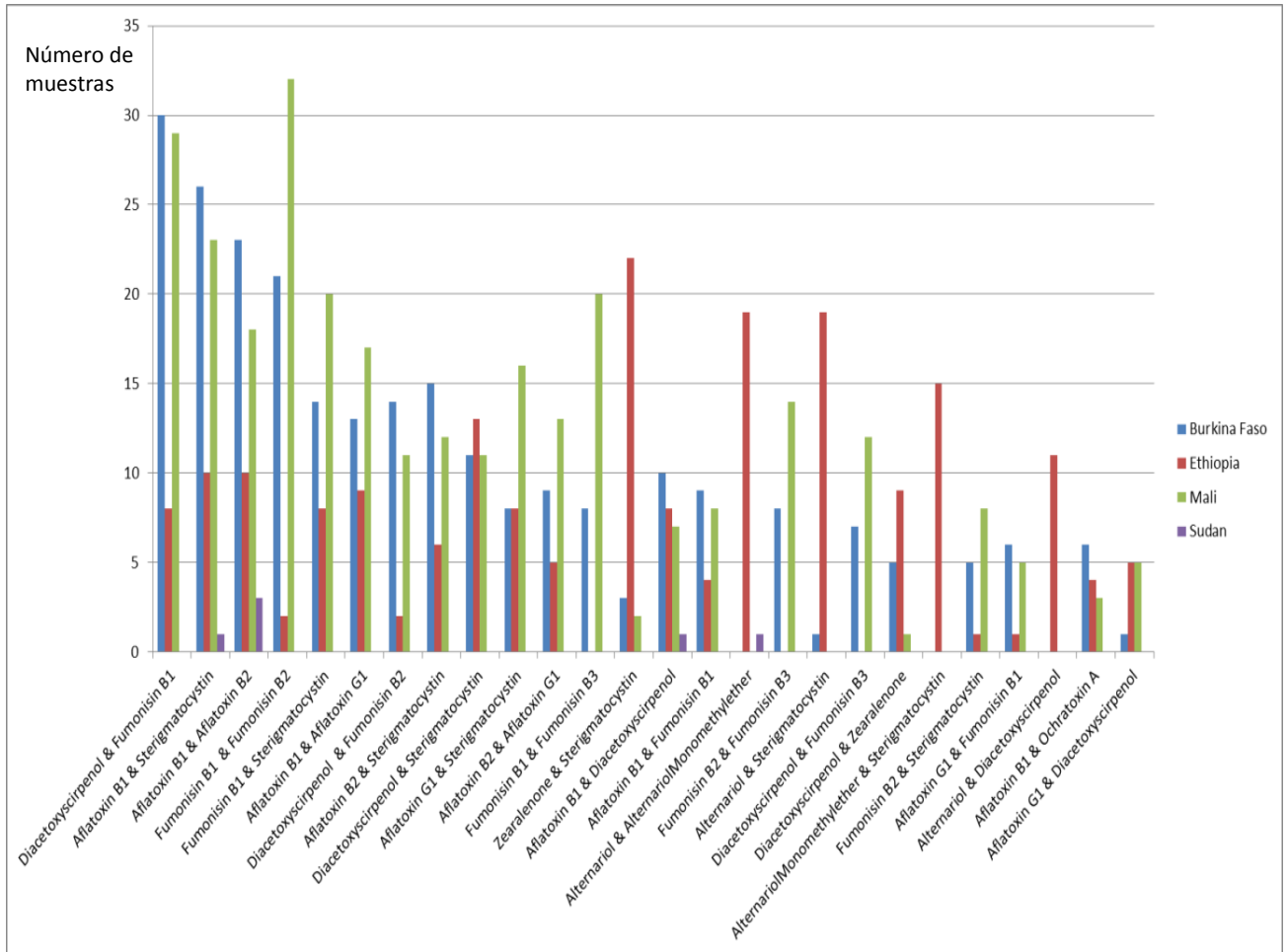
### **Consideraciones para la adopción de medidas por el CCCF:**

20. Se invita al Comité a examinar la información y los datos proporcionados, en el contexto del trabajo en curso o de un trabajo futuro relacionado con: i) la determinación de la conveniencia y viabilidad de establecer NM para micotoxinas seleccionadas en el sorgo, y ii) decidir si la información adicional sobre medidas de reducción podría ser pertinente para la revisión en curso del Código de Prácticas para la Prevención y Reducción de la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas.

Cuadro 1: Datos sobre micotoxinas identificadas en muestras de sorgo

Micotoxinas	Número de muestras positivas (5 del total de muestras)	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)	Media (µg/kg)	MÁX (µg/kg)	Evaluación del JECFA
Aflatoxinas B1	109 (7,11%)	3,75	7,5	41	359	1999
Aflatoxinas B2	55 (3,59%)	1,75	2,5	8,5	49	1999
Aflatoxinas G1	47 (3,06%)	1,75	2,5	32	714	1999
Aflatoxinas G2	6 (0,39%)	3,75	7,5	12	32	1999
Altenueno	1 (0,06%)	12,5	25	44	44	Ninguna
Fumonisinias B1	182 (11,87%)	12,5	25	272	3 419	2011
Fumonisinias B2	58 (3,78%)	17,5	35	211	1 606	2011
Fumonisinias B3	28 (1,82%)	20	40	173	589	2011
Toxina HT-2	1 (0,06%)	5	10	12	11,9	2001
Ocratoxina A	33 (2,15%)	1,5	3	27	163	2007
Deoxinivalenol	7 (0,45%)	20	40	74	112	2011
Zearalenona	42 (2,74%)	3,25	6,5	91	382	2000
Alternariol	47 (3,06%)	40	80	212	1 090	Ninguna
Alternariolmonometileter	36 (2,34%)	5	10	63	257	Ninguna
Diacetoxiscirpenol	173 (11,29%)	1,25	2,5	6,9	109	Ninguna
Esterigmatocistina	246 (16,05%)	1,25	2,5	56	1 189	Ninguna

Gráfico 1. Copresencia de micotoxinas por país (número de muestras para combinaciones de micotoxinas específicas)



**Cuadro 2: Identificación de las prácticas de alto riesgo y los posibles puntos de intervención observados en los países**

<b>Fase de producción</b>	<b>Práctica de alto riesgo</b>	<b>Práctica de bajo riesgo</b>
<i>Semillas y variedades</i>		
Fuente	Semillas propias sin control de calidad	Semillas certificadas
Tipo de variedades	Variedades no resistentes de alto rendimiento	Variedades locales; resistentes a la sequía; variedades de sorgo que toleran el calor, resistentes a los insectos y a la striga
Variedades (color)	Blanco	El genotipo rojo de alto contenido de taninos parece estar asociado a una mayor resistencia a la infestación fúngica
<i>Actividades en el campo</i>		
Preparación de la tierra	No limpiar los residuos de los últimos cultivos; labranza de conservación	Eliminar todos los residuos del último cultivo y la quema; limpieza adecuada de malezas
Densidad de plantación	La alta tasa de siembra da lugar a un microclima propicio para el desarrollo de hongos	Aumentar el espacio al sembrar
Riego	La exposición a estrés hídrico conduce a un mayor riesgo de contaminación por micotoxinas	Utilizar el riego para reducir el riesgo de sequía y reducir el estrés en las plantas
Asociación	Asociación con cultivos que también son favorables al crecimiento de micotoxinas; alta densidad de plantación	
Rotación	Ninguna rotación	Uso de rotación de cultivos, sobre todo con cultivos que no son favorables a los hongos productores de micotoxinas, por ejemplo, soja, yuca, batata, papa (patatas)
<i>Uso de agroquímicos</i>		
Fertilización	El estrés nutricional conduce a un mayor riesgo de contaminación por micotoxinas	Se obtienen niveles óptimos de fertilización
Tratamiento con fungicidas	Infestación por hongos patógenos, sin control de hongos	Utilización de múltiples métodos para el control de hongos patógenos, variedades resistentes, posible uso de fungicidas, biocontrol
Tratamiento con insecticidas	Elevada infestación por insectos	Variedades de sorgo resistentes a los insectos, control de insectos en el campo, especialmente perforadores de los tallos y coleópteros
Tratamiento con herbicidas	Dejar la maleza, dando lugar a un microclima que es propicio para los hongos	Controlar la maleza - con herbicidas, mecánica o manualmente
Condiciones climáticas generales	El calor y el viento facilitan el desarrollo de hongos y la propagación de las esporas; también el factor calor para el desarrollo de micotoxinas	Estrés climático o por calor-demasiada lluvia y muy poca lluvia

Fase de producción	Práctica de alto riesgo	Práctica de bajo riesgo
<i>Cosecha</i>		
Condiciones climáticas	La cosecha con alto contenido de humedad del grano o durante el periodo de lluvias	Durante el periodo seco
Momento oportuno	Retrasos durante la cosecha (debido a restricciones laborales, otras prioridades) que conducen a aumentar la humedad, los insectos y la infestación por hongos	La cosecha rápida del sorgo a alrededor del 21% de humedad del grano y el transporte fuera del campo
<i>Después de la cosecha</i>		
Secado después de la cosecha	Largos períodos de secado y granos que quedan en el campo en pilas; el corte de plantas y dejarlas en el suelo facilita la exposición a las esporas de hongos	Secado de las plantas o panículas cosechadas fuera del campo en láminas de plástico limpias u otro método fuera de la tierra
Almacenamiento inmediatamente después de la cosecha	Trilla y almacenamiento inmediato en bolsas con poca ventilación, como bolsas de polipropileno con alto contenido de humedad	Almacenamiento fuera del campo en plataformas de secado para facilitar el secado, almacenamiento sobre el fuego de la cocina dentro o fuera de la casa
Trilla	El uso de máquinas o argamasa que puede proteger el grano de modo que las esporas de hongos puedan entrar	Trilla manual, si bien esto podría no ser factible debido a limitaciones de tiempo
Aventamiento	No limpiar después de la cosecha	Utilizar el aventamiento para limpiar los granos; puede ser mecanizado lo cual hace que sea más eficiente
Secado después del aventamiento	Largos períodos de secado en lugares que no están limpios, en el suelo con afluencia de humedad	Granos secos por debajo del 12,5% de humedad del grano para el almacenamiento seguro, uso de graneros de almacenamiento
Clasificación	Sin clasificación	Eliminación de granos dañados, descoloridos, arrugados, germinados y pequeños (bajo peso, tamaño pequeño)
Destino para los granos clasificados	Dar a los animales o comerlos ellos mismos, utilizados para la fabricación de cerveza o para fabricar productos procesados en que los defectos no se pueden ver	Tirarlos o quemarlos; biodiesel; otros medios de sacarlos de la cadena alimentaria
<i>Almacenamiento y gestión del almacenamiento</i>		
Forma de almacenamiento (granos/panícula)	El almacenamiento como panículas sin ventilación adecuada podría aumentar el riesgo de contaminación por hongos	Buen secado y nivel de humedad por debajo del 12,5% para el almacenamiento
Ubicación del almacenamiento	Mezcla de stocks antiguos y nuevos; almacenes viejos que están mal cuidados	Limpiar el almacén de residuos de viejos cultivos y polvo antes de almacenar los nuevos cultivos; arreglar todos los daños del almacén asegurándose de que el techo es a prueba de agua

<b>Fase de producción</b>	<b>Práctica de alto riesgo</b>	<b>Práctica de bajo riesgo</b>
Tipo de almacenamiento	Bolsas de polipropileno que dejan poca aireación; las estructuras de almacenamiento de arcilla se han asociado a una mayor contaminación por hongos y micotoxinas resultantes	Hechos de material natural para facilitar la aireación; nuevas bolsas de yute limpias
Contenido de humedad	Almacenamiento de granos con humedad superior al 12,5%, utilización del método tradicional para determinar la humedad del grano	Utilización de un medidor de la humedad del grano para determinar la humedad en los granos
Afluencia de humedad	Afluencia de humedad debido a la lluvia, mala estructura de almacenamiento, diferencias de temperatura en el interior/exterior	Mantener los granos secos y bien aireados
Cambio de la estructura de almacenamiento	Dejar los granos durante mucho tiempo sin controlar las condiciones	Cambio del almacenamiento, clasificación, condiciones de secado y de control cuando se cambia la estructura de almacenamiento; control de la humedad del grano, si es necesario secar para obtener niveles de almacenamiento seguros
<i>Gestión de plagas, insectos y hongos</i>		
Infestación por insectos	Sin control de insectos - que son el principal portador de esporas de hongos	Control de infestaciones por insectos del campo y en el almacenamiento
Insecticidas	Utilización de insecticidas recomendados para otros cultivos, por ejemplo, algodón/cacao, etc.	Utilización de insecticidas de almacenamiento a una dosis recomendada y suficiente período de espera
Productos vegetales (plaguicidas a base de plantas)/ ceniza/arena, etc.	Productos vegetales que no son secos y aumentan la humedad en los productos almacenados	Productos vegetales generalmente menos eficaces que los insecticidas, pero algunos han mostrado efecto in vitro sobre el crecimiento de hongos
Otras infestaciones por plagas	Los daños por ratas y pájaros desde el campo al almacenamiento aumentan el riesgo de contaminación por micotoxinas	Control de otras plagas y limpiar el entorno de almacenamiento
Infección fúngica	Infestación por hongos muy correlacionada con la infestación de micotoxinas	Hacer todo lo posible para controlar la infestación por hongos; secar y limpiar