

Todos los contenidos de EHP son accesibles para las personas con discapacidades. Se puede encontrar una versión en HTML totalmente accesible (en cumplimiento de las normas de la Sección 508) de este artículo en: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.121-A270>.



Para romper el molde del moho: Nuevas estrategias para combatir las aflatoxinas

Los cobertizos de almacenamiento como estos graneros de maíz de Camerún dejan las cosechas vulnerables a la contaminación por *Aspergillus*. Esta contaminación no siempre es tan obvia como en esta mazorca, y la exposición a las aflatoxinas puede pasar desapercibida hasta que se presentan efectos sobre la salud. Los organismos de ayuda y desarrollo están ayudando a los agricultores a aprender cómo ubicar y prevenir el *Aspergillus*.

Globo: NASA/Google Earth. Todas las demás imágenes: © IITA



En 2010 las autoridades de Kenya reportaron que 2.3 millones de costales de maíz cosechados en ese país habían sido contaminados con venenos fúngicos conocidos como aflatoxinas.¹ Estas toxinas, que incluyen la aflatoxina B₁ —el carcinógeno hepático natural más potente que se ha identificado hasta la fecha— son producidas por el *Aspergillus flavus* y por el *A. parasiticus* e infectan el maíz, las nueces y otras cosechas, sobre todo en periodos de estrés hídrico y calor intenso. Ha habido brotes de envenenamiento por aflatoxinas que han matado a cientos de personas en países en desarrollo, y los expertos sospechan que muchas muertes relacionadas con las aflatoxinas quedan sin reportar.²

Según Charles Hurburgh, profesor de ingeniería agrícola y especialista en extensión de granos de la Universidad Estatal de Iowa, los riesgos de toxicidad por las aflatoxinas son muy bajos en Estados Unidos y en otros países desarrollados. En esos países la gente consume una gran variedad de alimentos con un riesgo bajo o nulo de contaminación por aflatoxinas, y existe una estrecha vigilancia, así como regulaciones estrictas, para aquellos alimentos en los que pueden estar presentes las aflatoxinas.

No obstante, en los países en vías de desarrollo las exposiciones crónicas son endémicas porque la vigilancia de las aflatoxinas es inadecuada, las poblaciones tienden a consumir casi exclu-

sivamente ciertas cosechas básicas que son vulnerables a las infecciones por *Aspergillus* y con frecuencia las condiciones en las que crecen estos cultivos favorecen el desarrollo del moho. En un reciente análisis de datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, en apenas 1.3% de más de 2 000 muestras de sangre en Estados Unidos se detectaron niveles detectables de aflatoxinas,³ mientras que en la Encuesta de Indicadores del Sida de Kenia el porcentaje fue de 78% de más de 3 000 muestras de suero sanguíneo, las cuales son representativas del país.⁴

Los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos estiman que 4 500 millones de personas en el mundo en vías de desarrollo pueden estar crónicamente expuestas a las aflatoxinas en su alimentación.⁵ Y según un análisis, entre 25 200 y 255 000 casos de cáncer de hígado al año se deben

a estas exposiciones, particularmente en Asia y en el África subsahariana.⁶ Hoy en día las aflatoxinas están atrayendo a nivel internacional la atención de los grupos de desarrollo y organismos de ayuda, quienes están enseñando a los agricultores y a los compradores a detectar y combatir esta amenaza generalizada.

Las aflatoxinas bajo los reflectores

El hecho de que se esté prestando más atención a las aflatoxinas obedece a varios factores. En primer lugar, hay cada vez más evidencias de que las aflatoxinas provocan o exacerban deficiencias de crecimiento en los niños, una enfermedad conocida como retraso en el desarrollo.⁷ El retraso en el desarrollo, caracterizado por un bajo peso corporal, una baja estatura y un desarrollo cerebral deficiente, puede también incrementar en los niños el

riesgo de morir de enfermedades diarreicas, malaria o sarampión. Hoy en día el control de las aflatoxinas es una prioridad para el Banco Mundial y otros organismos de apoyo que cuentan entre sus principales objetivos la reducción de la morbilidad y mortalidad infantiles.

En segundo lugar, dice John Bowman, asesor agrícola de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), a los expertos en desarrollo les preocupa que las aflatoxinas minen los esfuerzos para establecer la ayuda alimentaria en la agri-



Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos estiman que 4 500 millones de personas en los países en desarrollo están expuestas crónicamente a las aflatoxinas por medio de su alimentación. Se ha asociado la exposición a estos tóxicos con el cáncer del hígado, y existen sólidas evidencias de que pueden contribuir asimismo al retraso en el desarrollo de los niños.

Foto: © IITA

cultura local, una manera de ayuda más barata y más sustentable que evita que se inunden los mercados de los países en desarrollo con granos importados y rompe las dependencias de las importaciones extranjeras. Barbara Stinson, socia principal del Instituto Meridian, el cual no tiene fines de lucro, narra cómo los accionistas africanos lanzaron la Asociación para el Control de Aflatoxinas del África (PACA, por sus siglas en inglés) en 2011 después de que se descubrió que los cargamentos de granos que enviaba el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas para su distribución en Somalia estaban contaminados con aflatoxinas. Ese año, la USAID consagró 12 millones de dólares a financiar los esfuerzos de la PACA, y la Fundación Bill y Melinda Gates dio 19.6 millones de dólares para subsidiar durante cinco años la formación y el lanzamiento de PACA, así como para la realización de algunos estudios piloto.⁹

En coordinación con el Instituto Meridian, PACA se propone lograr que África quede “a salvo de las aflatoxinas” utilizando estrategias probadas e innovadoras. Según Stinson, por “a salvo de las aflatoxinas” se entiende que los riesgos de contaminación por aflatoxinas se reduzca al nivel más bajo posible, en el entendido de que no se las puede erradicar por completo.

Por último, el impacto de los recientes extremos del clima sugiere que el cambio climático podría incrementar las emisiones de aflatoxinas en todo el mundo. Por ejemplo, mucho del maíz del Cinturón de Maíz de Estados Unidos –que incluye ciertas partes de Kansas, Nebraska, Iowa, Missouri, Ohio e Illinois– se infectó con el hongo el año pasado, poco después de la peor sequía en medio siglo.¹⁰ Hurburgh señala que las aflatoxinas contaminan rutinariamente las cosechas en los estados calurosos como Texas y Arizona, pero que anteriormente era poco usual ver contaminaciones igualmente extensas en los

estados más fríos del norte del Cinturón de Maíz. “Hay mucho consenso en cuanto a que los climas extremos se van a volver más comunes en todo el mundo”, dice. “Y si ese es el caso, entonces vamos a tener que lidiar con mayor frecuencia con problemas relacionados con las aflatoxinas y otras micotoxinas similares”.

Introducción a las aflatoxinas

Resulta poco claro por qué *A. flavus* y *A. parasiticus* producen aflatoxinas. Los científicos tienen varias hipótesis. Puede ser que las aflatoxinas atrapen los radicales libres que las plantas generan para protegerse de los hongos. O bien, es posible que los hongos produzcan aflatoxinas para protegerse de los insectos.

Según Gary Payne, patólogo vegetal y profesor de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, el *A. flavus* tiene una tolerancia poco común al calor; medra en temperaturas cercanas a los 37.8°C y sigue creciendo incluso a los 47.8°C, una temperatura mucho mayor que la que pueden tolerar otros hongos.

Las temperaturas elevadas pueden debilitar al maíz y a otros cultivos, explica Payne, sobre todo cuando no obtienen suficiente agua. Esto puede crear fisuras en los tejidos de los granos en desarrollo, en las que se establece el *Aspergillus*. “Es más, el estrés hídrico va de la mano con las lesiones inducidas por los insectos, y eso también incrementa la vulnerabilidad a las infecciones por *A. flavus*”, agrega. Lo que desencadena las infecciones son las combinaciones de altas temperaturas y humedad, ya sea en el campo o en los lugares donde se almacenan los granos. Pero una vez que se establecen, son capaces de resistir en condiciones sumamente secas.

Hurburgh señala que las moléculas de aflatoxina son asombrosamente estables, capaces de resistir incluso los procesos de fermentación industrial que se utilizan para producir eta-

nol a base de maíz. La contaminación residual por aflatoxinas puede terminar en los “granos de destilería”, los sedimentos de maíz que quedan de la fermentación, los cuales se utilizan como alimento para el ganado y para elaborar alimentos de bajo costo para mascotas. Los brotes de aflatoxinas han matado a perros en Estados Unidos, pero no a consumidores humanos, afirma Hurburgh.

Los usuarios y exportadores de Estados Unidos toman abundantes muestras de los elevadores de granos cuando sospechan la presencia de contaminación, a fin de asegurarse de que los niveles no sobrepasen la norma nacional de 20 ppb para las aflatoxinas,¹¹ mientras que las empresas de los países en vías de desarrollo que producen cereales y otros alimentos procesados “constantemente están tomando muestras” para detectar aflatoxinas, dice Payne. Con objeto de limitar más la posibilidad de que los niños se vean expuestos a la contaminación por aflatoxinas en la leche (que puede ser resultado de que el ganado haya ingerido alimentos contaminados), éstas son estrictamente reguladas en Estados Unidos con un tope de tan sólo 0.5 ppb¹² y en la Unión Europea, con un nivel máximo aun más estricto de 0.05 ppb.¹³ Hurburgh señala que la vigilancia se incrementa en los años en que el clima genera un mayor riesgo.

Un riesgo oculto

En cambio –señala Felicia Wu, profesora distinguida de la Cátedra Hannah de Ciencias Alimentarias y Nutrición Humana de la Universidad Estatal de Michigan–, la vigilancia de las aflatoxinas es escasa en los países en desarrollo, con la excepción de los granos y nueces para exportación. “Incluso en aquellos países en los que existen normas para los porcentajes mínimos de aflatoxinas, es posible que no siempre se las aplique”, dice. “Los agricultores de subsistencia simplemente comen lo que cultivan;



La mayoría de los agricultores de los países en desarrollo carecen de equipos mecánicos de secado, y con frecuencia las cosechas secadas al sol contienen todavía suficiente humedad como para apoyar el crecimiento de los hongos. Actualmente se están desarrollando diversos kits de pruebas de aflatoxina de bajo costo, pero la clave es la prevención.

Foto: © IITA

la falta de conciencia sobre las aflatoxinas es un un problema grave". En algunos casos, puede ser que la gente coma alimentos enmohecidos sencillamente porque no tiene acceso a otros alimentos, señala Bowman.

Una gran parte del problema en África, según Hurburgh, es que los

agricultores no cuentan con equipo de secado mecánico; las cosechas tempranas y el secado mecánico rápido son factores muy importantes para que los agricultores de Estados Unidos puedan mantener los niveles de aflatoxinas bajos en años difíciles. "La toxina se forma a una humedad

de entre 25 y 17%", señala Hurburgh. Si el maíz tiene que permanecer en el campo en el calor y en este tipo de humedades, el riesgo es muy elevado".

Aun cuando los inspectores de los países en desarrollo sepan acerca de la aflatoxina, no siempre pueden detectar a simple vista las plagas nocivas de *Aspergillus*. En su mayor parte, la vigilancia de las aflatoxinas requiere de tecnologías costosas –como kits de la prueba ELISA (que cuestan 15 dólares o más por cada muestra), cromatografía de líquidos de alta resolución y espectrómetros de masas– que no son fácilmente accesibles para los gobiernos ni para los comercializadores de los países pobres, asevera Wu. Es más, el muestreo dista mucho de ser infalible: una mazorca puede tener sólo unos cuantos granos infectados, lo cual hace que la contaminación resulte difícil de detectar. "Si estos granos se revuelven con otros en una carga de grano, será imposible encontrarlos a menos que el muestreo se realice en el lugar correcto", explica Payne.

Francesca Nelson, asesora de USAID en seguridad alimentaria y nutrición radicada en Kenia, afirma que actualmente se están desarrollando diversos kits de pruebas de aflatoxina de bajo costo para ser utilizados en los países pobres. Sin embargo, la mejor manera de minimizar el riesgo de contaminación por aflatoxinas, subraya, es tratar de prevenir que este veneno entre en los alimentos en primer lugar. "Una vez que está en la reserva de alimentos, la aflatoxina se vuelve muy difícil de controlar", dice. "Tiende a afectar a los cultivos en áreas agrícolas muy extensas".

Efectos sobre el hígado

La primera vez que se reconoció que las aflatoxinas constituyen un riesgo para la salud fue a mediados del siglo XX, cuando se reveló que habían sido la causa de la muerte de los pavos que habían ingerido

alimentos contaminados con *A. flavus*.¹⁴ Posteriormente se realizaron estudios que demostraron que la aflatoxina B₁ provoca cáncer del hígado en los primates no humanos, en los roedores y en los peces,^{15,16} así como en los seres humanos. En 1987 la Agencia Internacional para la Investigación sobre Cáncer (IARC en inglés) de la Organización Mundial de la Salud clasificó las aflatoxinas como un carcinógeno del Grupo 1 (definitivamente carcinógenas para los seres humanos), y un análisis de datos adicionales realizado en 2002 reafirmó esta clasificación.¹⁷

También se presenta deficiencia hepática en los seres humanos con grados elevados de exposición, quienes sufren de un padecimiento conocido como aflatoxicosis. Durante un brote de aflatoxicosis que mató a más de 125 personas en Kenia en 2004, las víctimas experimentaron dolor abdominal, edema pulmonar, necrosis hepática y, por último, la muerte, después de ingerir dosis de aflatoxina B₁ estimadas en 50 mg diarios.¹⁸

De manera maquina, las enzimas P450 en el hígado metabolizan las aflatoxinas para reactivar especies de oxígeno que se ligan al ADN.¹⁹ “Existe una amplia gama de sensibilidad a la carcinogenicidad de las aflatoxinas entre las diferentes especies”, señala Thomas Kensler, profesor de farmacología y biología química de la Universidad de Pittsburgh: “los ratones son bastante resistentes comparados con las truchas, que son la especie más sensible. Y la gran pregunta es dónde entran los seres humanos en esa ecuación; pensamos que en algún lugar intermedio”.

Los estudios epidemiológicos realizados en las ciudades de Qidong y Fusui corroboran la carcinogenicidad de la aflatoxina B₁ en los seres humanos. Estas dos regiones, en las que abundan los casos de cáncer de hígado, dependieron por años del maíz como alimento básico. Con frecuencia su maíz estaba contaminado con *A. flavus*,

explica Kensler, y cuando la reforma económica permitió a los residentes de Qidong cambiar al arroz importado como base de su alimentación durante los años 1980, los índices de cáncer de hígado comenzaron a disminuir drásticamente.^{20,21} (Kensler añade que el maíz local se utilizó después como alimento para los animales; sin embargo, dijo, “La mayoría de los chinos no beben productos lácteos [debido a que padecen intolerancia a la lactosa], de modo que no creo que el cambio del maíz al arroz haya introducido un nuevo paradigma de exposición”).

Wu afirma que las personas que padecen hepatitis B tienen un riesgo hasta 30 veces mayor de enfermar de cáncer por las aflatoxinas en comparación con las personas que sin padecerla se exponen a las aflatoxinas. Según Wu, tanto la exposición a las aflatoxinas como la hepatitis B son endémicas en el mundo en desarrollo, donde los índices de prevalencia de cáncer del hígado son entre 16 y 32 veces mayores que en los países desarrollados.²²

Evidencias de retraso en el desarrollo

Respaldada por 50 años de datos y conocimientos sobre mecanismos biológicos claramente definidos, la evidencia en relación con el cáncer es mucho más robusta que la del vínculo entre las aflatoxinas y el retraso en el desarrollo infantil. Algunos científicos, en particular Kensler y su colega John Groopman, profesor de salud ambiental de la Escuela de Salud Pública Bloomberg de la Universidad Johns Hopkins, subrayan que, si bien los datos sobre el retraso en el desarrollo son provocadores, hasta la fecha no son concluyentes, lo cual se debe en gran medida a las faltas mecánicas de datos.

“Sigue habiendo un grado razonable de incertidumbre respecto al papel que desempeñan las aflatoxinas en el retraso en el desarrollo”, dice

Kensler. “La evidencia es interesante amerita investigaciones ulteriores en seres humanos y en animales”.

Kitty Cardwell, Líder Nacional de Programas en Fitopatología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA en inglés), reconoce que los científicos sólo pueden especular sobre el modo en que las aflatoxinas podrían inducir el retraso en el desarrollo: podrían suprimir el sistema inmune, dice, o producir daños entéricos que limiten la absorción de los nutrientes. O bien, el retraso en el desarrollo podría ser resultado de una simple toxicidad hepática. “Nadie conoce el mecanismo”, dice, “pero la asociación es altamente significativa”.

Cardwell fue la primera en advertir una relación entre la exposición a las aflatoxinas y el retraso en el desarrollo a mediados de la década de los noventa, cuando trabajaba para el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA en inglés) en Benín y Nigeria. Ella y sus colegas habían sometido a pruebas casi 1 000 muestras de maíz de la región y encontraron concentraciones elevadas de aflatoxina B₁ en algunas regiones durante ciertas temporadas.^{23,24} Cardwell sabía que los datos de laboratorio ya habían señalado una asociación entre las aflatoxinas y la falta o retraso de crecimiento en animales en etapa de destete, y se preguntaba sobre los riesgos para los niños africanos, a quienes con frecuencia se les dan alimentos a base de maíz durante el destete.

Midió los niveles de aflatoxina en la sangre de más de 700 niños de la localidad y los comparó con una amplia gama de parámetros de valoración del desarrollo. Y lo que “saltaba a la vista”, dice, fue que había una fuerte correlación entre los niveles de aflatoxinas en la sangre y los problemas de crecimiento. “A mayores niveles de aflatoxina, menores índices de crecimiento”, señaló.

Estos datos, que se dieron a conocer en el año 2002, junto con un artículo publicado dos años más tarde,

fueron los primeros que mostraron una asociación entre las aflatoxinas y el retraso en el desarrollo en los niños. A partir de entonces se han realizado en Togo, Gambia, Ghana, Irán, Kenia y los Emiratos Árabes Unidos estudios que han arrojado resultados similares, los cuales fueron resumidos en una reseña publicada por Wu y sus colegas en 2011.¹⁸

Stinson señala que aún hace falta realizar inversiones para investigar más la relación entre la exposición a las aflatoxinas y el retraso en el desarrollo infantil, el cual se estima que en 2010 aquejó a más de 171 millones de niños en todo el mundo.²⁷ La Fundación Bill y Melinda Gates, lo mismo que otras organizaciones, está planeando llevar a cabo estudios adicionales en esta área. Mientras tanto, las evidencias actuales sobre el retraso en el desarrollo en combinación con los riesgos de cáncer y de aflatoxicosis, las cuales están bien documentadas, justifican que se realicen esfuerzos globales para minimizar la exposición humana, dice.

Cómo hacer frente al problema

Según Stinson, pueden reducirse las exposiciones humanas mediante la combinación de varias prácticas buenas, como el cosechar tempranamente cuando los patrones climáticos favorezcan las infecciones por *Aspergillus* (y luego, someter la cosecha a secado rápido y almacenarla), separar los granos de mala calidad de los de buena calidad; secar la cosecha para reducir el contenido de humedad de los granos, y utilizar contenedores de almacenamiento que minimicen las condiciones de temperatura y humedad que favorecen el crecimiento de los hongos. Además, añade, algo que puede ayudar es que tanto los agricultores como otras personas utilicen buenas prácticas de muestreo y pruebas de bajo costo para detectar las aflatoxinas a fin de eliminar los

granos infectados en diversos puntos de la cadena de suministro agrícola. En una publicación de 2011, Wu y sus colegas evaluaron los costos y la eficacia asociados a varias otras prácticas de mitigación de riesgos, incluyendo un mejor riego, la ozonificación de los granos (que mata a la aflatoxina B₁ pero que también puede dar como resultado la degradación de nutrientes esenciales) y la vacunación contra la hepatitis B a fin de reducir los riesgos de cáncer de hígado entre las personas expuestas a las aflatoxinas.²⁸

Las organizaciones PACA, USAID y otras hacen hincapié en promover métodos de biocontrol en el campo que permitan evitar que el *Aspergillus* se establezca. El método de biocontrol que más se utiliza fue desarrollado por Peter Cotty, investigador de fitopatología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos y profesor adjunto de la Universidad de Arizona. A fines de los 1980, Cotty estudiaba la virulencia de diversas cepas de *A. flavus*, que se cuentan por miles. En este caso la virulencia se refiere a la capacidad de una cepa de colonizar e infectar a las semillas de las plantas. Lo que Cotty encontró fue que las cepas atoxigénicas –es decir, aquellas que no producen aflatoxinas– son igualmente virulentas que las que sí las producen.

Intrigado por este hallazgo, Cotty propuso una idea innovadora: mediante la inoculación de los campos agrícolas con cepas atoxigénicas de *A. flavus* en las etapas tempranas del ciclo de crecimiento de los cultivos se podría evitar la contaminación por las aflatoxinas. Su razonamiento fue que, dado que las cepas atoxigénicas son igualmente virulentas, la inoculación deliberada les podría dar una ventaja en términos de crecimiento y una oportunidad de superar a sus equivalentes tóxicos.

A los críticos esta idea les pareció ridícula. En un artículo publicado en 1993, el *Wall Street Journal* reportó que las compañías comercializadoras de

semillas estaban “aterradas de que el gobierno estuviera pensando en liberar un hongo que infectaría a las plantas aún si no contaminara los cultivos con un carcinógeno”.²⁹ Sin embargo, según Cotty, las demás opciones no habían dado resultado. Los científicos nunca habían logrado desarrollar un fungicida aceptable, ni habían sido capaces de criar variedades viables de maíz resistentes a los hongos.

Actualmente el método de biocontrol de Cotty, que ya fue patentado por el Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, está cobrando popularidad. Se lo conoce como AF36, y en el suroeste de Estados Unidos lo fabrica y distribuye el Consejo de Arizona para la Investigación y Protección del Algodón, para su uso en los cultivos de maíz, algodón y pistaches. Un producto análogo se vende en África con el nombre de Aflasafe. Syngenta, una empresa agrícola global, fabrica y comercializa otro producto, llamado Afla-guard®, para su distribución en Estados Unidos y su uso en los cultivos de maíz y cacahuete.

Cotty también colabora con Ranajit Bandyopadhyay, fitopatólogo del IITA, quien está encaminando sus esfuerzos hacia el desarrollo de cepas atoxigénicas para utilizarlas en África. Según Bandyopadhyay, estas cepas provienen de los países africanos en los cuales se los aplica, lo cual es importante porque significa que ya están adaptados al ambiente natural y por ende es más probable que colonicen los cultivos a los que están dirigidos.

Construcción de los biocontroles

A fin de desarrollar productos Aflasafe específicos para un país en particular, Bandyopadhyay y Cotty comienzan por recolectar 5 000 cepas obtenidas de muestras de cultivos ampliamente distribuidas en cada país. Utilizan una

serie de criterios de selección para reducir el número a aproximadamente una docena de cepas no tóxicas, a cada una de las cuales se le realiza una prueba para detectar su estabilidad genética, su capacidad de colonizar a los cultivos meta y su persistencia en el campo. Las pruebas de detección también aseguran que las cepas tengan defectos en uno o más de los genes asociados a la producción de las aflatoxinas, señala Bandyopadhyay. Finalmente señalan cuatro cepas atoxigénicas locales que son las que se incluyen en cada producto específico para cada país.

Citando evidencias reunidas durante los estudios de campo del IITA en Nigeria, Bandyopadhyay afirma que el método biológico puede reducir la contaminación por aflatoxinas

en el maíz y los cacahuates en un 80-90%, y en algunos casos hasta en un 99%.³⁰ Añade que el IITA actualmente está colaborando con diversos socios para promover el control biológico en Nigeria, Senegal, Ghana, Kenia, Tanzania, Mozambique, Zambia y Burkina Faso, con planes para expandirse a varios estados del África Oriental en los próximos tres años. Asimismo, según señala Nelson, el USDA y el IITA tienen funcionando desde hace casi tres años un programa piloto que investiga los usos del Aflasafe en Kenia.

Sin embargo, para Bandyopadhyay, el principal reto consiste en convencer a los agricultores locales de que vale la pena invertir en el biocontrol.

“¿Cómo se puede vender algo que tiene un beneficio oculto?”, pregunta. “El problema con la aflatoxina es que no se la puede ver. Y a menos que los niveles sean muy elevados, la expresión de sus impactos sobre la salud no es inmediatamente obvia. Por ejemplo, puede tardar décadas en desarrollar un cáncer”. Aun así, señala que en un estudio inédito, realizado en Nigeria, sobre la voluntad de pagar, los investigadores del IITA encontraron que cuando se informaba a los agricultores sobre los riesgos a la salud de las flatoxinas y sobre los beneficios económicos del control, 82% de los encuestados afirmaban estar dispuestos a invertir entre 12 y 15 dólares por hectárea en tratamientos de biocontrol.



El *A. flavus* tiene una tolerancia extraordinariamente alta al calor, comparado con otros hongos; medra en temperaturas cercanas a los 37.8°C y aún mayores. Las altas temperaturas debilitan al maíz y a otros cultivos, en particular durante las sequías, y producen fisuras en los tejidos de los granos en desarrollo, donde se puede establecer el *A. flavus*. Los daños producidos por insectos también pueden incrementar la vulnerabilidad de los cultivos a las infecciones por hongos.

Foto: Ambas imágenes: © IITA

Hace tres años, un proyecto de desarrollo agrícola financiado por el Banco Mundial adquirió ocho toneladas de Aflasafe para distribuir las en Nigeria y pagó de su bolsillo 50% de los costos para los agricultores que lo compraron. Según Bandyopadhyay, el proyecto redujo el subsidio en 25% al año siguiente y lo eliminó por completo en 2013. Mientras tanto, los grupos de ayuda y los gobiernos están experimentando con otros incentivos, como el integrar el Aflasafe a paquetes técnicos que incluyan además mejores semillas, fertilizantes y control de plagas. “Esta es una

manera de echar a andar la demanda económica”, explica Cardwell.

Ahora, bajo un subcontrato con el Instituto Meridian, el IITA está construyendo en su propio campus una fábrica a escala de demostración que producirá cinco toneladas de Aflasafe por hora, cantidad suficiente para cubrir 4 000 hectáreas al día. Según Bandyopadhyay, el objetivo general de ese esfuerzo es lograr que los fabricantes produzcan suficiente Aflasafe para tratar un millón de hectáreas en África en los próximos años a fin de reducir en un 90% la contaminación por aflatoxinas en esa zona.

Próximos pasos a seguir

Mientras tanto, los expertos continúan intentando cultivar variedades de maíz y de otras cosechas que sean resistentes a las aflatoxinas. Pese a los años de esfuerzo, aún no han logrado producir una sola variedad cultivada comercialmente viable. No obstante, Robert Brown, investigador de fitopatología que labora en el Servicio de Investigaciones Agrícolas, afirma que él y sus colaboradores han cultivado algunas variedades potencialmente viables a partir de muestras resistentes a las aflatoxinas recolectadas en Estados Unidos y en África. De acuerdo con los datos inéditos de Brown, los niveles de aflatoxinas son casi 87 veces más bajos en las variedades resistentes que en los granos de maíz no resistentes.

Bowman, de USAID, dice que, junto con el biocontrol, el cultivo de resistencia sigue siendo una parte importante de las estrategias para minimizar la exposición a las aflatoxinas en el mundo en desarrollo. El truco, dice Payne, consiste en cultivar líneas resistentes que tengan además otros atributos comercialmente viables, como un alto rendimiento.

La falta de normas coherentes dentro de los países africanos y en otras partes del mundo también es problemática, añade Nelson. PACA y otros grupos están trabajando para apoyar el desarrollo de normas armonizadas en África, pero el compartir un valor compartido es un prospecto complejo y arduo. “Los países no quieren estar ceñidos a una norma que no creen poder cumplir”, explica Nelson.

Sin embargo, afirma Stinson, las aflatoxinas constituyen un importante problema para el comercio debido a que unos 15 países de África tienen topes para los niveles de aflatoxina en los cultivos a los que se permite la entrada al país. “Los países necesitan establecer individualmente normas, capacitar a los agricultores [y] trabajar mediante extensiones agrícolas



Una importante herramienta para combatir las aflatoxinas consiste en mejorar las condiciones de almacenamiento. Los agricultores también están aprendiendo a utilizar los biocontroles que utilizan cepas atoxigénicas de *Aspergillus* para vencer a sus parientes productores de toxinas, el *A. flavus* y el *A. parasiticus*.

Foto: imágenes. © IITA



para controlar las aflatoxinas”, dice. “Todo país que tenga un problema de aflatoxinas necesita un plan de acción para combatir las mismas”.

En última instancia, para solucionar el problema de las aflatoxinas en el mundo en desarrollo se requerirá una profunda transformación social, subraya Cardwell. “Necesitamos un sistema que haga que valga la pena controlar las aflatoxinas”, dice. “Técnicamente, eso no presenta mayor complicación; pero desde la perspectiva del contexto social y de desarrollo, es algo muy complejo”.

Charles W. Schmidt, MS, galardonado escritor científico que radica en Portland, ME, ha publicado en las revistas *Discover Magazine*, *Science*, y *Nature Medicine*.

Referencias

- Njoroge E. Kenya to mop up contaminated maize. Capital News [Nairobi, Kenya], sección de noticias (News), edición en línea (10 de mayo de 2010). Disponible en: <http://goo.gl/yyQ69O> [consultado el 26 de agosto de 2013].
- Probst C, et al. Identification of atoxigenic *Aspergillus flavus* isolates to reduce aflatoxin contamination of maize in Kenya. *Plant Dis* 95(2):212-218 (2011); <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-06-10-0438>.
- CDC. National Health and Nutrition Examination Survey. 1999-2000 Data Documentation, Codebook, and Frequencies. Aflatoxin BI-Lysine Concentration in Serum (SSAFB_A). Data File: SSAFB_A.xpt. Atlanta, GA: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (agosto de 2012). Disponible en: <http://goo.gl/XeEtZj> [consultado el 26 de agosto de 2013].
- Yard EE, et al. Human aflatoxin exposure in Kenya, 2007: a cross-sectional study. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 30(7):1322-1331 (2013); <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2013.789558>.
- CDC. Aflatoxin [página web]. Atlanta, GA: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (actualizada el 13 de enero de 2013). Disponible en: <http://www.cdc.gov/nceh/hsb/chemicals/aflatoxin.htm> [consultada el 26 de agosto de 2013].
- Liu Y, Wu F. Global burden of aflatoxin-induced hepatocellular carcinoma: a risk assessment. *Environ Health Perspect* 118(6):818-824 (2010); <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.0901388>.
- Khlangwiset P, et al. Aflatoxins and growth impairment: a review. *Crit Rev Toxicol* 41(9):740-755 (2011); <http://dx.doi.org/10.3109/10408444.2011.575766>.
- USAID. U.S. Announces Support for the Africa-Led Partnership for Aflatoxin Control in Africa [press release]. Washington, DC: Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (10 de junio de 2011). Disponible en: <http://goo.gl/XEDBsP> [consultado el 26 de agosto de 2013].
- Meridian Institute. Support for Innovative Partnership for Aflatoxin Control in Africa Funded by Bill & Melinda Gates Foundation and Department for International Development of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (DfID) [comunicado de prensa]. Washington, DC: Instituto Meridian (23 de febrero de 2012). Disponible en: http://www.aflatoxinpartnership.org/Press_Release.aspx [consultado el 26 de agosto de 2013].
- Ingwersen J. US grain sector on high alert for aflatoxin in drought-hit corn. Reuters, edición en línea (30 de agosto de 2012). Disponible en: <http://goo.gl/mBHRlf> [consultada el 26 de agosto de 2013].
- FDA. Compliance Manuals. Compliance Policy Guides. Section 555.400. Foods-Adulteration with Aflatoxin. Silver Spring, MD: Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos, Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos (actualizada el 9 de diciembre de 2009). Disponible en: <http://goo.gl/xq16nd> [consultada el 26 de agosto de 2013].
- FDA. Compliance Manuals. Compliance Policy Guides. Section 527.400. Whole Milk, Lowfat Milk, Skim Milk-Aflatoxin M1. Silver Spring, MD: Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos, Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos (actualizada el 12 de agosto 2009). Disponible en: <http://goo.gl/e48EA7> [consultada el 26 de agosto de 2013].
- Commission Regulation (EC) No. 1881/2006, OJ L 364 of 20 December 2006. Disponible en: <http://goo.gl/IMiS9l> [consultado el 26 de agosto de 2013].
- Kensler TW, et al. Aflatoxin: a 50-year odyssey of mechanistic and translational toxicology. *ToxicolSci* 120(suppl1):S28-S48 (2011); <http://dx.doi.org/10.1093/toxsci/kfq283>.
- Busby WFJ, Wogan GN. Aflatoxins. En: *Chemical Carcinogens* (Searle CD, ed.). Washington, DC: Sociedad Americana de Química (American Chemical Society, 1984).
- Eaton DL, Groopman JD. The Toxicology of Aflatoxins: Human Health, Veterinary, and Agricultural Significance. San Diego, CA: Academic Press, Inc. (1994).
- IARC. Some Traditional Herbal Medicines, Some Mycotoxins, Naphthalene and Styrene, Volume 82. Summary of Data Reported and Evaluation. Lyon, France: Agencia Internacional para la Investigación sobre Cáncer, Organización Mundial de la Salud (actualizada el 4 de diciembre de 2002). Disponible en: <http://goo.gl/PTFEIR> [consultada el 26 de agosto de 2013].
- Probst C, et al. Outbreak of an acute aflatoxicosis in Kenya in 2004: identification of the causal agent. *Appl Environ Microbiol* 73(8):2762-2764 (2007); <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.02370-06>.
- Khlangwiset P, et al. Aflatoxins and growth impairment: a review. *Crit Rev Toxicol* 41(9):740-755 (2011); <http://dx.doi.org/10.3109/10408444.2011.575766>.
- Chen JG, et al. Reduced aflatoxin exposure presages decline in liver cancer mortality in an endemic region in China. *Cancer Prev Res*; <http://dx.doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-13-0168> [online 20 August 2013].
- Chen JG, et al. Trends in the mortality of liver cancer in Qidong, China: an analysis of fifty years [en chino]. *Zhonghua Zhong Liu ZaZhi* 34(7):532-537 (2012); <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22967473>.
- Liu Y, Wu F. Global burden of aflatoxin-induced hepatocellular carcinoma: a risk assessment. *Environ Health Perspect* 118(6):818-824 (2010); <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.0901388>.
- Hell K, et al. The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agroecological zones of Benin, West Africa. *J Stored Prod Res* 36(4):365-382 (2000); [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00056-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00056-9).
- Udoh JM, et al. Storage structures and aflatoxin content of maize in five agroecological zones of Nigeria. *J Stored Prod Res* 36(2):187-201 (2000); [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00042-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00042-9).
- Gong YY, et al. Dietary aflatoxin exposure and impaired growth in young children from Benin and Togo: cross sectional study. *BMJ* 325(7354):20-21 (2002); <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.325.7354.20>.
- Gong Y, et al. Postweaning exposure to aflatoxin results in impaired child growth: a longitudinal study in Benin, West Africa. *Environ Health Perspect* 112(13):1334-1338 (2004); <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.6954>.
- de Onis M, et al. Prevalence and trends of stunting among pre-school children 1990-2020. *Public Health Nutr* 15(1):142-148 (2011); <http://dx.doi.org/10.1017/S1368980011001315>.
- Khlangwiset P, Wu F. Costs and efficacy of public health interventions to reduce aflatoxin-induced human disease. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 27(7):998-1014 (2010); <http://dx.doi.org/10.1080/19440041003677475>.
- Kilman S. Food-safety strategy pits germ against germ. *The Wall Street Journal* (Nueva York, NY), B2 (16 de marzo de 1993).
- IITA. Annual Report 2011. Croydon, UK: International Institute of Tropical Agriculture (2011). Disponible en: <http://goo.gl/Oax5fl> [consultada el 26 de agosto de 2013].