

# CODEX ALIMENTARIUS

NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura



Organización  
Mundial de la Salud

E-mail: [codex@fao.org](mailto:codex@fao.org) - [www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)

---

## **CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LOS CEREALES POR MICOTOXINAS**

**CAC/RCP 51-2003**

**Adoptado en 2003.**

**Revisión: 2016. Enmienda: 2014.**

## INTRODUCCIÓN

1. Los hongos toxigénicos prevalecen en regiones de las zonas climáticas aptas para la producción de cereales en pequeña y en gran escala. Aunque las especies y cepas pueden variar entre las regiones cerealeras, estos hongos están presentes en los suelos, en especies vegetales silvestres hospederas, en los residuos de cultivos y cereales almacenados y en el polvo de las instalaciones de secado y de almacenamiento. Los hongos se asocian a la contaminación de micotoxinas en los cereales tanto antes como después de la cosecha.
2. La magnitud de la propagación de hongos antes de la cosecha depende mucho de las condiciones del clima, que varían mucho de un año a otro en las regiones productoras de cereales. La magnitud de la infección y propagación de hongos toxigénicos antes de la cosecha también puede variar con la cantidad de daños causados por insectos y otros hongos no toxigénicos. Debido a estos factores, las concentraciones de micotoxinas observadas en los cereales en el momento de la cosecha varían ampliamente de un año a otro. Una prevención fiable de la infección fúngica antes de la cosecha ha demostrado ser esquiva, incluso con la aplicación de buenas prácticas agrícolas (BPA) y fungicidas comerciales. El mejoramiento de los cereales ha dado pocos beneficios en materia de resistencia genética a la fusariosis de los cereales causada por el *Fusarium* en cultivares de calidad, rendimiento y tolerancia aceptables a otras importantes enfermedades de los cereales.
3. La intensidad de la infección y propagación fúngica postcosecha durante períodos prolongados de almacenamiento de cereales se puede afrontar de manera más previsible a través de BPA y buenas prácticas de fabricación (BPF), que garantizan mantener los niveles de humedad del cereal almacenado por debajo de los niveles propicios para la germinación de las esporas de las especies de hongos postcosecha comunes específicas de las condiciones ambientales de la región. Sin embargo, la investigación ha confirmado que las esporas de estas especies son omnipresentes en los suelos, equipos y estructuras de almacenamiento, no obstante, una limpieza diligente. Por consiguiente, la germinación de las esporas de las especies micotoxigénicas puede producirse dentro de ciertos rangos de temperatura si aún una pequeña cantidad del cereal almacenado desarrolla elevados niveles de humedad por exposición a la lluvia o a infestación de insectos. El tamaño y diseño de las estructuras grandes de almacenamiento de cereales y el acceso limitado a la tecnología muchas veces hacen difícil, o poco práctico, un seguimiento preciso de la humedad y la temperatura en los cereales almacenados.
4. El riesgo de infección postcosecha por hongos y la producción de micotoxinas en los cereales almacenados aumenta con la duración del almacenamiento. Sin embargo, el almacenamiento a largo plazo –por lo general durante todo un año agrícola o por períodos aún más prolongados– puede ser necesario en función de las necesidades de cereales de la región específica de producción donde está almacenado el producto. Esto puede deberse a razones de seguridad alimentaria y la entrada continua en el almacenamiento de cereales necesarios para el consumo directo, elaboración y piensos.
5. La prevención completa de la propagación de especies de hongos toxigénicos antes y después de la cosecha no es posible, aun cuando se sigan BPA y BPF. Por lo tanto, es previsible la presencia intermitente de ciertas micotoxinas en los cereales destinados a los alimentos y los piensos. De esta manera, un seguimiento diligente de los cereales en el campo y durante el almacenamiento para obtener indicaciones de las diversas condiciones que promueven la contaminación de hongos y la acumulación de micotoxinas es imprescindible para determinar las características del producto.
6. Este código de prácticas proporciona información actual y pertinente para consideración de todos los países en sus esfuerzos por prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas en los cereales, los alimentos y los piensos derivados de los mismos. Para que este código de prácticas sea eficaz, será necesario que las autoridades nacionales, los productores, los comerciantes y la industria de cada país consideren los principios generales y ejemplos de BPA y BPF presentados en el código, teniendo en cuenta sus cultivos, clima y prácticas agronómicas locales, a fin de permitir y facilitar la adopción de estas prácticas cuando sea pertinente y factible. Se prevé que el código de prácticas se aplique a todos los cereales y productos de cereales correspondientes a la ingesta de alimentos y a la salud humana, así como al comercio internacional.
7. Es importante que los productores de cereales se den cuenta de que estas BPA, incluidos los procedimientos de postcosecha, almacenamiento y manipulación, constituyen la primera línea de defensa contra la contaminación de los cereales por micotoxinas, seguidas de la aplicación de BPF durante la manipulación, el almacenamiento, la elaboración y la distribución de cereales para alimentos y piensos.

La industria también desempeña una función en la aplicación de BPF cuando sea necesario, principalmente durante la clasificación, limpieza y elaboración de los cereales.

8. Los productores de cereales deben estar capacitados para seguir las BPA y mantener una estrecha relación con los servicios de extensión agrícola, asesores y autoridades nacionales para obtener información y asesoramiento sobre la selección de los cultivares de cereales y productos fitosanitarios adecuados para utilizar en sus respectivas regiones de producción, así como para reducir la incidencia y los niveles de micotoxinas.
9. Este código de prácticas contiene principios generales para reducir el contenido de diferentes micotoxinas en los cereales. Para informar a los productores, las personas que manipulan los cereales y a la industria, y proporcionar información sobre el análisis a las partes interesadas, se deberá observar lo siguiente:
  - a) Las autoridades nacionales y otras organizaciones deberán informar a los productores de los factores ambientales que propician la infección y formación de hongos toxigénicos, y la producción de micotoxinas en los cultivos de cereales en las explotaciones. Se deberá hacer hincapié en que las estrategias de siembra, precosecha y postcosecha para un determinado cultivo dependerán de las condiciones climáticas de esa región en particular y año, teniendo en cuenta los cultivos locales y los métodos tradicionales de producción de ese país o región específicos. Las autoridades nacionales deberán apoyar la investigación científica de métodos y técnicas para prevenir la formación de hongos en el campo, durante la cosecha y el almacenamiento.
  - b) Para evitar una alteración indebida de las operaciones de envío de cereales, los productores, las personas encargadas de la manipulación y la industria utilizarán métodos analíticos validados y los correspondientes planes de muestreo para determinar rápidamente los niveles de micotoxinas. La aplicación correcta de planes de muestreo y el uso de este tipo de métodos o instrumentos de análisis son fundamentales para el suministro de información y datos precisos. Esto requerirá los recursos adecuados y capacitación para que los planes de muestreo y procedimientos de análisis se puedan aplicar correctamente. Se deberán establecer procedimientos para una gestión adecuada, a través de separación, reacondicionamiento, retirada o desviación, de los cultivos de cereales que puedan suponer una amenaza para la salud humana o animal.
10. Este código para prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas en los cereales y en los alimentos y piensos derivados de los cereales recomienda prácticas basadas en BPA y BPF, por lo general congruentes con los principios del análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC), que están incorporados en las prácticas que velan por la inocuidad de los alimentos y en los esquemas de certificación actuales que hoy se utilizan mundialmente en la producción, almacenamiento, manipulación, transporte, elaboración, distribución y comercio. La aplicación de los principios del APPCC permitirá reducir al mínimo la contaminación por micotoxinas a través de la aplicación de medidas preventivas de control en la medida de lo posible, principalmente durante el almacenamiento y la elaboración de los cereales.

## **I. PRÁCTICAS RECOMENDADAS A PARTIR DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) Y BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

### **SIEMBRA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS**

11. Considerar la posibilidad de preparar y mantener una adecuada rotación de cultivos y programación de secuencias para evitar sembrar el mismo cultivo en el mismo terreno durante dos temporadas consecutivas. Esto puede ayudar a reducir el inóculo en el campo que puede originarse a partir de residuos de cosechas con esporas de hongos toxigénicos. Se ha observado que algunos cultivos son particularmente susceptibles a determinadas especies de hongos toxigénicos y es necesario evaluar su uso en rotación con los otros. El Cuadro 1 muestra los cultivos más susceptibles a los hongos toxigénicos y las micotoxinas que se pueden producir. Algunos de estos cultivos se infectan después de la cosecha y las semillas producidas pueden transportar esporas de hongos toxigénicos. Es posible utilizar en rotación cultivos de poca susceptibilidad a los hongos toxigénicos como el trébol, la alfalfa y otras leguminosas, a fin de reducir el inóculo en el campo. Se ha observado que el trigo y el maíz son particularmente sensibles a las especies de *Fusarium* y no deben utilizarse en posiciones muy cercanas en rotación entre sí, de ser posible. Cuando se utilizan en la misma rotación, incluir soja, oleaginosas, leguminosas y cultivos forrajeros puede reducir la incidencia y la intensidad de la infección antes de la cosecha.

**Cuadro 1: Cultivos de rotación susceptibles a los hongos toxigénicos asociados a la producción de micotoxinas (no exhaustiva).**

Cultivos	Hongos	Potencial de micotoxinas
Cacahuetes	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. nomius</i> y otras especies afines	Aflatoxinas
Maíz	<i>A. flavus</i> <i>A. parasiticus</i> y otras especies afines	Aflatoxinas
	<i>Fusarium graminearum</i> <i>F. culmorum</i>	deoxinivalenol, nivalenol, zearalenona
	<i>F. verticillioides</i> <i>F. proliferatum</i>	fumonisinias
Sorgo	<i>Fusarium graminearum</i> <i>Fusarium</i> spp.	deoxinivalenol, nivalenol, zearalenona y diacetoxiscirpenol
	<i>Alternaria</i> spp.	alternariol, alternariol metil éter, ácido tenuazónico y altenueno
	<i>F. verticillioides</i> <i>F. proliferatum</i>	fumonisinias
	<i>A. flavus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. sección Flavi</i>	Aflatoxinas
	<i>P. verrucosum</i> <i>A. ochraceus</i> y especies afines <i>A. carbonarius</i> <i>A. niger</i>	ocratoxina A
	<i>Claviceps purpurea</i> <i>C. Africana</i> <i>C. sorghi</i> y especies afines	alcaloides del cornezuelo
	<i>A. versicolor</i>	esterigmatocistina
Trigo	<i>Alternaria</i> spp.	alternariol, alternariol metil éter, ácido tenuazónico
	<i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. asiaticum</i>	deoxinivalenol, nivalenol, zearalenona
Cebada	<i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. asiaticum</i>	deoxinivalenol, nivalenol, zearalenona
Avena	<i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. langsethii</i>	deoxinivalenol, nivalenol, zearalenona, toxinas T-2 y HT-2
Centeno	<i>F. graminearum</i> <i>Claviceps purpurea</i>	deoxinivalenol, alcaloides del cornezuelo
Algodón	<i>A. flavus</i> <i>A. parasticus</i>	Aflatoxinas
Mijo	<i>F. graminearum</i>	Deoxinivalenol
Triticale	<i>F. graminearum</i>	Deoxinivalenol

**LA LABRANZA Y LA PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA**

12. Cuando sea posible y práctico, conviene utilizar semillas certificadas libres de hongos toxigénicos y preparar el lecho para las semillas de cada nuevo cultivo enterrando, destruyendo o retirando las espigas y los tallos viejos, así como otros residuos que puedan haber servido o puedan servir de sustratos para la proliferación de hongos productores de micotoxinas. Sin embargo, la labranza puede no ser adecuada respecto a otros beneficios económicos y ambientales, como la conservación de la humedad, el mantenimiento de la materia orgánica del suelo, la reducción de la erosión, y un menor uso de agua y combustible, por lo tanto, sus costos y beneficios deben ponderarse antes de la aplicación.
13. Utilizar los resultados de los análisis del suelo para determinar si es necesario aplicar fertilizantes o acondicionadores del suelo para asegurar que su pH y la nutrición de las plantas sean adecuados, a fin de evitar presiones sobre las plantas, especialmente en la etapa de desarrollo de las semillas durante el crecimiento de los cultivos.
14. Cuando las haya disponibles, cultivar variedades (cultivares) creadas y seleccionados por sus características de proporcionar al menos una resistencia parcial tanto a los hongos no toxigénicos como a los toxigénicos y a las plagas de insectos, y para reducir la acumulación de micotoxinas. Es importante plantar únicamente las variedades recomendadas para una zona determinada de un país, en virtud de sus rasgos agronómicos y fisiológicos específicos.
15. Siempre que sea práctico, la siembra deberá programarse para evitar temperaturas elevadas y sequía durante el desarrollo y maduración de las semillas. Podrían usarse modelos predictivos, si los hay disponibles, como instrumento para planificar el mejor momento para la siembra.
16. Garantizar una adecuada densidad de siembra manteniendo entre las hileras y entre las plantas las distancias recomendadas para las especies y variedades que se estén cultivando. Las empresas de semillas, las autoridades nacionales o los servicios de extensión pueden proporcionar información sobre la distancia conveniente entre las plantas.

**ANTES DE LA COSECHA**

17. Siempre que sea posible, reducir al mínimo los daños provocados por insectos y por infecciones fúngicas en las proximidades del cultivo, mediante el uso apropiado de plaguicidas aprobados y otras prácticas idóneas comprendidas en un programa de lucha integrada contra las plagas. Podrían utilizarse modelos meteorológicos de predicción para planificar el mejor momento y modalidad de aplicación de los plaguicidas.
18. Como algunas especies de malezas pueden hospedar hongos toxigénicos capaces de aumentar las presiones sobre las plantas debido a la competencia de las especies de malas hierbas durante el desarrollo de los cultivos, es importante combatir las malezas en los cultivos con métodos mecánicos, herbicidas registrados u otras prácticas inocuas y adecuadas para deshierbar, con un programa de gestión integrada de plagas.
19. Minimizar los daños mecánicos a las plantas durante el cultivo, el riego y las prácticas de gestión de plagas. Tender las plantas lo mínimo para evitar el contacto de las partes aéreas de las mismas con el suelo, especialmente en la etapa de floración del cultivo. La tierra y el agua del suelo son fuentes de inóculo (esporas) de especies fúngicas toxigénicas.
20. Si se utiliza riego, es necesario asegurar que se aplique de manera uniforme y que todas las plantas reciban un suministro adecuado de agua. El riego es un método valioso para reducir las presiones sobre las plantas en algunas situaciones agrícolas. El exceso de precipitaciones durante la antesis (floración) crea condiciones favorables para la diseminación e infección de *Fusarium* spp.; por lo tanto, debe evitarse aplicar riego durante la antesis y la maduración de los cultivos, específicamente el trigo, la cebada y el centeno.
21. Programar la cosecha en condiciones de poco contenido de humedad y plena madurez del cultivo, a menos que permitirle seguir hasta su plena madurez lo sometiera a condiciones extremas de calor, lluvia o sequía. Retrasar la cosecha de cereales ya infectados por especies de *Fusarium* puede incrementar el contenido de micotoxinas en el cultivo. Es posible utilizar modelos para predecir la producción de micotoxinas a partir de las condiciones ambientales, como las del clima y las de la producción agrícola, que orientan un seguimiento oportuno y la vigilancia del contenido de micotoxinas.
22. Si se dispone de equipos de secado mecánico, cosechar pronto puede ayudar a limitar la producción de micotoxinas durante las últimas etapas de maduración de la cosecha. Es importante usar técnicas correctas de secado para evitar la contaminación por contaminantes generados por técnicas inadecuadas de secado, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)<sup>1</sup> y las dioxinas<sup>2</sup>.

1 *Código de prácticas para reducir la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los alimentos producidos por procedimientos de ahumado y secado directo (CAC/RCP 68-2009).*

2 *Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación en alimentos y piensos por dioxinas y bifenilos policlorados (BPC) análogos a las dioxinas (CAC/RCP 62-2006).*

23. Antes de la cosecha, asegurar que todos los equipos que se vayan a utilizar para la misma, para el secado, la limpieza y el almacenamiento de los cultivos, estén en buen estado y limpios, sin residuos, cereales ni polvo, en la medida de lo posible. La avería del equipo durante este período crítico puede causar pérdidas de calidad del cereal y fomentar la formación de micotoxinas. Mantener piezas importantes de recambio disponibles en la explotación para perder el menor tiempo posible por reparaciones. Asegurar que el equipo necesario para medir el contenido de humedad esté disponible y calibrado.

#### **LA COSECHA**

24. Los contenedores (p. ej., vagones, camiones) que vayan a utilizarse para recoger el cereal cosechado y transportarlo del campo a las instalaciones de secado, y una vez seco de éstas a los almacenes, deberán estar limpios, secos y sin residuos de cultivos, cereales viejos, polvo de cereales, insectos y una proliferación fúngica visible antes de su utilización o reutilización.
25. Los métodos y equipos de cosecha que se utilizan varían mucho entre los países productores de cereal. Cortar el cereal por hileras antes de combinarlo o trillarlo por otros medios puede contribuir al contacto con el suelo y a la exposición a esporas de hongos. En la medida de lo posible, evitar daños mecánicos al grano y el contacto con el suelo durante la cosecha. Deben tomarse medidas para reducir al mínimo la dispersión de espigas, paja, tallos y residuos (residuos de cultivos) infectados en el suelo, donde las esporas y otras partes de los hongos pueden sobrevivir y servir como inóculo en futuros cultivos. Los métodos de recolección mecanizados, como el uso de cosechadoras, producen grandes cantidades de residuos de los cultivos que se quedan en el campo. Donde lo permitan la rotación o secuencia de cultivos y otras prácticas agrícolas afines, es preferible incorporar estos residuos de los cultivos en el suelo arando o cultivando por otros medios.
26. Durante la cosecha, se determinará el contenido de humedad en varios puntos de cada carga del cereal recogido, ya que el contenido de humedad puede variar considerablemente en un mismo terreno. En la medida de lo posible, evítese cosechar cereales que tengan un gran contenido de humedad debido a la precipitación o al rocío matutino o vespertino, ya que tardan más tiempo en secarse. De ser posible, cuando el seguimiento o vigilancia anteriores a la cosecha de cereales revele que un campo tiene una tasa de infección de *Fusarium* más elevada, el cereal de esos terrenos deberá cosecharse y almacenarse aparte del de otros terrenos que presenten una tasa menor de infección.
27. El cereal cosechado que no se haya secado hasta obtener un nivel de humedad inocuo para el almacenamiento no deberá almacenarse o transportarse en contenedores, vagones y camiones durante períodos prolongados de tiempo. El tiempo de tránsito del traslado desde el campo hasta las instalaciones de secado deberá reducirse al mínimo, a menos que el cereal presente desde antes de la cosecha niveles de humedad aceptables para el almacenamiento. Cuando sea necesario, se recomienda que se abran los camiones y los contenedores para aumentar la ventilación y reducir al mínimo los efectos de la condensación.

#### **EL SECADO Y LA LIMPIEZA ANTES DEL ALMACENAMIENTO**

28. Evitar el apilamiento, amontonamiento, o almacenamiento en contenedores de productos con una elevada humedad, recién recogidos, durante más de pocas horas antes del secado o la trilla, para disminuir el riesgo de formación de hongos. Si no es posible secar los productos de inmediato, ventilar con circulación forzada de aire.
29. Cuando sea necesario se puede hacer una limpieza previa antes del secado para extraer grandes cantidades de paja u otro material vegetal que pueda llevar mohos o esporas de mohos. Para limpiar el cereal se pueden utilizar los métodos de aventado y clasificación. Si se dispone de equipos de limpieza, es ventajoso limpiar mecánicamente el cereal para retirar materias extrañas, semillas de otras especies de plantas y los residuos de la cosecha, antes de trasladarlo a las estructuras de almacenamiento. Pero es importante que no se dañe el cereal durante el procedimiento.
30. Es muy importante asegurar que los niveles de humedad del cereal cosechado sean lo suficientemente bajos para permitir un almacenamiento inocuo, incluso por períodos de tiempo relativamente breves, que van desde unos días a varios meses. Un nivel máximo de 15% de humedad generalmente se considera suficientemente bajo para evitar la formación de hongos toxigénicos antes de la cosecha y la germinación de las esporas de los hongos que suelen infectar los cereales y producen micotoxinas durante el almacenamiento, como el *Penicillium*.

31. Los cereales recién recogidos deben secarse de inmediato, de tal manera que sufran el menor daño posible y que el contenido de humedad sea inferior a lo necesario para que se formen hongos durante el almacenamiento. Es preferible reducir el contenido de humedad del cereal a un nivel aceptable antes de pasarlo a los recipientes y a otras estructuras de almacenamiento. Si no fuera posible secar los productos en seguida, ventilar por circulación forzada de aire y vigilar que el período anterior al secado sea lo más corto posible. Es preferible el secado mecánico. Las secadoras de plancha plana y recirculación de lotes son adecuadas para las operaciones en pequeña escala, mientras que las secadoras de circulación continua son preferibles para secar en gran escala para un largo período de almacenamiento. Los cereales no deben estar excesivamente secos ni someterse a temperaturas de secado muy elevadas, con el fin de conservar su calidad nutricional y la idoneidad para la molienda u otros tipos de elaboración. Es esencial aplicar buenas prácticas de secado para evitar los contaminantes generados por el proceso. Evitar la acumulación de demasiado cereal en el almacenamiento o "depósito húmedo" anterior al secado, especialmente cuando las condiciones del campo sean cálidas. Almacenar los cereales sólo lo suficiente para que se puedan secar fácilmente en un plazo adecuado.
32. Si no hay disponibles medios mecánicos de secado, el secado al sol y el aire libre deberá hacerse sobre superficies limpias; en la medida de lo posible. Los cereales deberán protegerse de la lluvia, el rocío, el suelo, las plagas, los excrementos de aves y otras fuentes de contaminación durante este proceso. Para un secado más uniforme y más rápido, mezclar o remover los cereales con frecuencia en capas delgadas.
33. Una vez secos, los granos de los cereales deberán limpiarse para eliminar los que estén dañados o inmaduros, así como otras materias extrañas. Los granos con infecciones asintomáticas no se pueden eliminar mediante los métodos habituales de limpieza. Los procedimientos de limpieza de semillas, como las mesas gravitacionales y las mesas de clasificación óptica, pueden retirar los granos rotos que son susceptibles a la infección.

#### **EL ALMACENAMIENTO DESPUÉS DEL SECADO Y LA LIMPIEZA**

34. Es importante que los recipientes, los silos, los galpones y otros edificios destinados al almacenamiento de cereales sean estructuras secas y bien ventiladas que proporcionen protección contra la lluvia, la nieve, el agua subterránea, la condensación de humedad, y la entrada de roedores, aves e insectos, que no sólo contaminan el grano, sino que dañan los granos y los vuelven más susceptibles de infección por mohos. Idealmente, las estructuras de almacenamiento deben estar diseñadas para reducir al mínimo grandes fluctuaciones en la temperatura del cereal almacenado.
35. Las instalaciones de almacenamiento deberán limpiarse antes de recibir el grano para eliminar el polvo, esporas de hongos, granos, residuos de cosechas, excrementos de animales y de insectos, tierra, insectos, materiales extraños como piedras, metal y vidrios rotos, y otras fuentes de contaminación.
36. En los productos ensacados, asegurar que los sacos estén limpios, secos y apilados sobre plataformas, o que haya una capa impermeable al agua entre los sacos y el suelo. Las bolsas deben facilitar la ventilación y deben ser de materiales no tóxicos y de grado alimentario, que no atraigan insectos o roedores y sean lo suficientemente fuertes para resistir el almacenamiento durante largos períodos de tiempo.
37. Determinar el contenido de humedad del lote y, si es necesario, secar la cosecha hasta lograr el contenido de humedad recomendado para el almacenamiento. La formación de hongos en los cereales está estrechamente relacionada con la actividad del agua ( $a_w$ ), comúnmente definida en los alimentos como el agua que no está ligada a las moléculas de éstos (como los productos de cereales molidos) y que puede contribuir a la proliferación de bacterias, levaduras y hongos. Si bien el contenido de humedad adecuado para la formación de hongos en los cereales es diferente, la  $a_w$  máxima para evitar el crecimiento de hongos es básicamente la misma. Está reconocido que el crecimiento de hongos se inhibe con una  $a_w$  inferior a 0,70. El nivel apropiado del contenido de humedad del cereal deberá determinarse a partir de la variedad del mismo, el tamaño del grano, la calidad del cereal, el período y las condiciones de almacenamiento (p. ej., la temperatura). Además, se puede proporcionar orientación para un almacenamiento inocuo correspondiente a la situación ambiental de cada región. El Cuadro 2 muestra los valores del contenido de humedad en relación con diferentes actividades del agua a 25°C de algunos cereales.

**Cuadro 2: Valores del contenido de humedad del cereal en relación con diferentes actividades del agua a 25°C**

Cereal	Contenido de humedad (%) con diversas actividades del agua			
	0,60	0,65	0,70	0,75
Arroz	13,2	13,8	14,2	15,0
Avena	11,2	12,2	13,0	14,0
Centeno	12,2	12,8	13,6	14,6
Cebada	12,2	13,0	14,0	15,0
Maíz	12,8	13,4	14,2	15,2
Sorgo	12,0	13,0	13,8	14,8
Trigo	13,0	13,6	14,6	15,8

38. Una vigilancia continua de las condiciones de los cereales almacenados es indispensable para garantizar que se mantengan los niveles de humedad y temperatura aceptables y que estén sustancialmente libres de roedores y de plagas de productos almacenados como escarabajos, gorgojos y ácaros de los cereales. Importantes fluctuaciones en la temperatura del cereal y el aumento de la humedad del mismo pueden proporcionar condiciones favorables para la formación de mohos y la producción de micotoxinas. Los daños físicos producidos en los cereales durante el almacenamiento a causa de roedores, plagas de insectos y ácaros también pueden contribuir al aumento de la formación de mohos. También es necesario medir el contenido de micotoxinas de los cereales entrantes y salientes, cuando sea pertinente, mediante adecuados programas de muestreo y análisis apropiados para el sistema de seguimiento de las micotoxinas.
39. Para dar un seguimiento más eficaz al estado del cereal almacenado, es conveniente, de ser posible, medir la temperatura y la humedad de las instalaciones de almacenamiento y el grano almacenado a intervalos de tiempo regulares durante el almacenamiento. Un aumento de la temperatura del cereal de 2°C a 3°C puede indicar proliferación microbiana y/o infestación de insectos. Si la temperatura o la humedad llegan a un nivel inaceptablemente elevado, cuando sea posible hay que ventilar el cereal mediante circulación de aire en la zona de almacenamiento para mantener una temperatura adecuada y uniforme. La aireación se llevará a cabo, si es posible, durante los periodos de baja humedad relativa del medio ambiente forzando el paso de aire a través de la masa de cereal almacenado. La ventilación en periodos de elevada humedad relativa puede en realidad aumentar la condensación y la aw en los cereales almacenados cuya temperatura sea inferior a la temperatura ambiente. El cereal también se puede transferir de un contenedor de almacenamiento a otro a fin de promover la aireación y evitar posibles focos de riesgo durante el almacenamiento. Si se observa descomposición del cereal o formación de mohos, separar las porciones que se ven infectadas del cereal y enviar muestras para análisis de micotoxinas, con los planes de muestreo apropiados. Al retirar el cereal descompuesto, es muy importante reducir al mínimo la mezcla del mismo con la porción restante que parece estar en buen estado. Pequeñas cantidades de cereal muy contaminado pueden aumentar en gran medida los niveles de micotoxinas en los cereales que por lo demás están en buenas condiciones. Cuando se haya retirado el cereal descompuesto puede ser necesario ventilar el resto del cereal para bajar la temperatura a niveles aceptables.
40. Para los países de clima frío, es importante señalar que la reducción de la temperatura del cereal por debajo de los 15°C durante los meses más fríos de las regiones cerealeras templadas contribuirá a un almacenamiento seguro y a prevenir la formación de mohos y micotoxinas. Las temperaturas extremadamente frías también inhibirán la proliferación y reproducción de insectos, lo que reduce el riesgo de que éstos causen daños, lo que podría facilitar la formación de mohos.
41. Utilizar procedimientos de buenas prácticas para reducir al mínimo la cantidad de plagas de roedores, insectos y hongos en las instalaciones de almacenamiento. Esto puede incluir el uso de insecticidas y fungicidas registrados y adecuados, u otros métodos apropiados en el ámbito de un programa de gestión integrada de plagas. Se deberá tener cuidado de seleccionar y usar sólo aquellos productos para control de plagas cuya inocuidad no sea motivo de preocupación respecto al uso final de los cereales y los niveles máximos de residuos de plaguicidas indicados por los reglamentos o las especificaciones del comprador. Dado que las plagas de roedores pueden dañar la cosecha durante el almacenamiento, las instalaciones de almacenamiento deberán mantenerse libres de roedores, como las ratas y ratones, en la medida de lo posible.



42. El uso de un conservante idóneo aprobado (p. ej., ácidos orgánicos como el ácido propiónico) puede ser beneficioso. Estos ácidos son eficaces para eliminar los distintos hongos y evitar así la producción de micotoxinas en los cereales destinados exclusivamente a piensos. Las sales de los ácidos suelen ser más eficaces para el almacenamiento a largo plazo. Se debe tener cuidado porque estos compuestos pueden afectar negativamente al sabor y olor del cereal.
43. Documentar los procedimientos de recolección, secado, limpieza y almacenamiento aplicados en cada temporada, tomando nota de las mediciones (p.ej., la temperatura y la humedad) y de cualquier desviación o cambio respecto a las prácticas tradicionales. Esta información puede ser muy útil para explicar las causas de la proliferación de hongos y la formación de micotoxinas durante un determinado año agrícola y ayudar a evitar otras situaciones similares en el futuro. Si hay disponibles modelos predictivos validados, se pueden usar en la aplicación de medidas de gestión para combatir la formación de hongos y la producción de micotoxinas durante estos procedimientos.

#### **TRANSPORTE DESDE EL ALMACÉN**

44. Los contenedores para el transporte, los vehículos, como los camiones y vagones de ferrocarril y las embarcaciones (botes y barcos), deben estar secos y libres de polvo de cereales viejos, presencia visible de hongos, olor a humedad, insectos y cualquier material contaminado que pudiera contribuir a los niveles de micotoxinas en los lotes y los cargamentos de cereales. Cuando sea necesario, los contenedores deberán limpiarse y desinfectarse con sustancias adecuadas (que no produzcan olores o sabores desagradables ni contaminen los cereales) antes de usarlos y volver a utilizarlos, y deben ser adecuados para la carga prevista. El uso de fumigantes o insecticidas registrados puede ser útil. En el momento de la descarga, el contenedor debe vaciarse completamente de toda la carga y limpiarse según corresponda.
45. Los envíos de cereales deberán protegerse de una humedad adicional mediante contenedores cubiertos o herméticos, o lonas. Reducir al mínimo las fluctuaciones de temperatura y las medidas que puedan ocasionar condensación en el cereal, que podría propiciar una acumulación local de humedad y la consiguiente formación de hongos y micotoxinas.
46. Evitar las infestaciones de insectos, aves y roedores durante el transporte mediante el uso de contenedores a prueba de insectos y roedores o de tratamientos químicos repelentes de roedores e insectos si son aprobados para el uso final del cereal.

#### **LA ELABORACIÓN Y LA LIMPIEZA DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO**

47. La clasificación y la limpieza son procesos efectivos para retirar los granos contaminados y reducir el contenido de micotoxinas en los cereales. Los granos visiblemente infectados de mohos o dañados deberán desecharse con el fin de impedir que ingresen en las cadenas de suministro de alimentos y piensos. Esto es especialmente importante si el cereal está destinado al consumo humano directo en lugar de a la transformación industrial.
48. Se pueden aplicar análisis como instrumento para vigilar las concentraciones de micotoxinas en la cadena de suministro de los cereales. Es importante que los planes de muestreo y las pruebas analíticas se apliquen adecuadamente, a fin de proporcionar información precisa y resultados representativos. En algunos casos, hay disponibles comercialmente materiales de análisis sencillos para ciertas micotoxinas, como el DON; sin embargo, es fundamental que los planes de muestreo y el uso de cualquier material o instrumento de análisis se apliquen bien para que proporcionen información y datos precisos. Esto requerirá que se comprometan los recursos adecuados y capacitación para que los planes de muestreo y procedimientos de análisis se puedan aplicar correctamente. Es importante que los cereales retirados del almacenamiento para transportarlos se analicen al momento de la carga o la descarga para ver las concentraciones de micotoxinas antes de que se almacenen en las instalaciones para su elaboración, especialmente cuando existe un riesgo elevado de contaminación por micotoxinas a consecuencia de condiciones desfavorables durante la producción y cosecha de los cereales. Los lotes que contengan los niveles más altos de micotoxinas deberán someterse a una vasta limpieza y elaboración que disminuya significativamente los niveles de micotoxinas a niveles aceptables, a fin de garantizar un producto inocuo para los consumidores.
49. El cepillado, frotado y descascarillado para retirar las capas de las cáscaras y el salvado al cereal pueden reducir significativamente el contenido de micotoxinas en las fracciones para el molino derivadas del endospermo (harinas), ya que la parte exterior del grano de la mayoría de los cereales normalmente contiene los niveles más altos de micotoxinas o polvo contaminado adherido. Esta redistribución de las micotoxinas presentes en los cereales sin elaborar puede traducirse en niveles inaceptablemente elevados de micotoxinas en otras fracciones (p. ej., el salvado) y en los productos que contienen esas fracciones. Cuando estas fracciones se vayan a utilizar para uso alimentario en lugar de descartarse, también es importante revisar los niveles de micotoxinas para garantizar la inocuidad de los alimentos en los productos que se consumen. Deberá tenerse cuidado y seguir los procedimientos adecuados al usar para piensos esas fracciones retiradas.
50. La trituration industrial en seco de los cereales para obtener productos de grano entero que contengan todas las porciones del cereal sin elaborar en sus proporciones relativas naturales no reducirá los niveles

de micotoxinas observados en el cereal sin elaborar. Los procesos de trituración en seco que separan todas o algunas de las capas de la cáscara y el salvado de los cereales pueden reducir significativamente el contenido de micotoxinas de los productos molidos derivados del endospermo del cereal (las porciones internas de los granos) utilizados como ingredientes de alimentos, a niveles inferiores a los presentes en el cereal sin elaborar. La trituración húmeda del maíz aísla la mayor parte de las micotoxinas de la fracción de almidón utilizada como ingrediente alimentario.

51. Los productos de cereales molidos que se almacenan durante largos periodos de tiempo también son susceptibles a la formación de moho y el aumento de los niveles de micotoxinas impartidos por las especies de mohos. Por lo tanto, es importante evitar el almacenamiento de harina y otros productos de cereales molidos durante largos períodos de tiempo, pero si es inevitable, entonces los productos deberán almacenarse en contenedores adecuados y deberán mantenerse niveles inocuos de humedad con cambios mínimos de temperatura. Esos contenedores deberán impedir la infestación de insectos y roedores y estar sujetos a medidas de control integrado de plagas.
52. En los productos de cereales y sus alimentos derivados que se someten a fermentación, los cultivos iniciadores mal conservados pueden ser fuentes importantes de la contaminación por micotoxinas. Los cultivos iniciadores deben mantenerse puros, viables y sellados para evitar el ingreso de agua y otros contaminantes.
53. El proceso de remojo de la cerveza (fases de remojo y germinación) elevan el nivel de humedad de las semillas a cerca del 45%, lo cual es favorable para la formación de hongos y la producción de micotoxinas. La situación es problemática si el proceso se realiza a la intemperie, con insuficientes condiciones sanitarias. Por lo tanto, el remojo se deberá realizar en recipientes herméticos con atmósfera controlada.
54. Todas las actividades de elaboración de los cereales deben seguir buenas prácticas de higiene y BPF basadas en el APPCC.

## ANEXO 1

## PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ZEARALENONA EN LOS CEREALES

## PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)

1. Las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de fabricación incluyen métodos para reducir la infección de *Fusarium* (principalmente *F. graminearum* y *F. culmorum*) y la producción de zearalenona (ZEN) en los cereales durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la cosecha, almacenamiento, transporte y elaboración. Sin embargo, la ZEN se produce principalmente por contagio de las *Fusarium spp* pertinentes en el maíz, el trigo y la cebada antes de la cosecha.

**SIEMBRA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS**

2. Consultar el párrafo 11 del Código de prácticas.

**LABRANZA Y PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA**

3. Consultar los párrafos 12-16 del Código de prácticas.

**ANTES DE LA COSECHA**

4. Consultar los párrafos 17-23 del Código de prácticas.
5. Puede ser necesario dar seguimiento al establecimiento de la infección de *Fusarium* en las espigas de los cereales durante la floración, antes de la cosecha, mediante inspección, toma de muestras y determinación de la infección con los métodos microbiológicos normales. Además, puede ser necesario determinar el contenido de micotoxinas en muestras representativas tomadas antes de la cosecha. La utilización de la cosecha deberá basarse en la prevalencia de la infección y el contenido de micotoxinas del cereal.
6. El riesgo de presencia de ZEN en el trigo aumenta con las lluvias previas a la cosecha, especialmente si se retrasan. Puede ser útil utilizar modelos predictivos de riesgo de infección por *Fusarium* para planificar la cosecha de los cereales antes de que prevalezcan las condiciones de clima húmedo, paralelamente a las previsiones del clima, con el fin de programar la cosecha.

**COSECHA**

7. Consultar los párrafos 24-27 del Código de prácticas.

**SECADO Y LIMPIEZA ANTES DEL ALMACENAMIENTO**

8. Consultar los párrafos 28-33 del Código de prácticas.

**ALMACENAMIENTO DESPUÉS DEL SECADO Y LA LIMPIEZA**

9. Consultar los párrafos 34-43 del Código de prácticas.

**TRANSPORTE DESDE EL ALMACÉN**

10. Consultar los párrafos 44-46 del Código de prácticas.

**ELABORACIÓN Y LIMPIEZA DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO**

11. Consultar los párrafos 47-54 del Código de prácticas.
12. La trituración húmeda del trigo y el maíz puede producir una reducción significativa de los niveles de ZEN en las fracciones de almidón destinadas al uso alimentario. Sin embargo, la ZEN se redistribuye en los subproductos del almidón, gluten y edulcorante que normalmente se utilizan para piensos.

**ANEXO 2****PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR FUMONISINAS EN LOS CEREALES****PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de fabricación comprenden métodos para reducir la infección de *Fusarium* (principalmente *F. verticillioides* y *F. proliferatum*) y la contaminación de fumonisinas en los cereales durante el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, la cosecha, el almacenamiento, el transporte y la elaboración.

**SIEMBRA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS**

2. Consultar el párrafo 11 del Código de prácticas.

**LABRANZA Y PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA**

3. Consultar los párrafos 12-16 del Código de prácticas.

**ANTES DE LA COSECHA**

4. Consultar los párrafos 17-23 del Código de prácticas.

**COSECHA**

5. Consultar los párrafos 24-27 del Código de prácticas.
6. El momento de la cosecha del maíz deberá planificarse cuidadosamente. Se ha demostrado que el maíz cultivado y cosechado durante los meses cálidos puede tener un contenido de fumonisinas significativamente superior al del maíz cultivado y cosechado en los meses más fríos del año. Se pueden utilizar modelos predictivos elaborados para el riesgo de infección por *Fusarium* a fin de planificar el mejor momento de la cosecha.

**SECADO Y LIMPIEZA ANTES DEL ALMACENAMIENTO**

7. Consultar los párrafos 28-33 del Código de prácticas.

**ALMACENAMIENTO DESPUÉS DEL SECADO Y LA LIMPIEZA**

8. Consultar los párrafos 34-43 del Código de prácticas.

**TRANSPORTE DESDE EL ALMACÉN**

9. Consultar los párrafos 44-46 del Código de prácticas.

**ELABORACIÓN Y LIMPIEZA DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO**

10. Consultar los párrafos 47-54 del Código de prácticas.
11. La nixtamalización es un procedimiento que consta de hervir y remojar el maíz en una solución de hidróxido de calcio para retirar la cáscara. Este proceso puede reducir los niveles de fumonisinas en el maíz tratado, así como en la harina para masa utilizada para hacer tortillas, tamales, pupusas y otros productos derivados de la masa.
12. La extrusión del maíz puede disminuir los niveles de fumonisinas, sin embargo, una parte de éstas está ligada a las proteínas, azúcares u otros compuestos de las matrices de los alimentos.

## ANEXO 3

**PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR OCRATOXINA A EN LOS CEREALES  
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS  
(BPA) Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de fabricación comprenden métodos para reducir la infección de *Aspergillus* (principalmente *A. ochraceus* y especies relacionadas, *A. carbonarius* y *A. niger*) y de *Penicillium* (principalmente *P. verrucosum*) y de ocratoxina A (OTA) en los cereales durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, la cosecha, el almacenamiento, el transporte y la elaboración.

**SIEMBRA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS**

2. Consultar el párrafo 11 del Código de prácticas.
3. No se cultiven cereales cerca de árboles de cacao, plantas de café o vides, ya que estos cultivos son muy susceptibles a los hongos ocratoxigénicos y a la contaminación por OTA y pueden representar una fuente de inóculo para el suelo.

**LABRANZA Y PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA**

4. Consultar los párrafos 12-16 del Código de prácticas.

**ANTES DE LA COSECHA**

5. Consultar los párrafos 17-23 del Código de prácticas.
6. Aunque la OTA se asocia a la formación de hongos después de la cosecha en cereales almacenados, los daños producidos por las heladas, la presencia de hongos competitivos, las lluvias excesivas y la sequía son factores previos a la cosecha que pueden repercutir en los niveles de OTA en los cereales cosechados. Colocar los cereales sobre la tierra también puede traducirse en producción de OTA en condiciones de humedad.

**COSECHA**

7. Consultar los párrafos 24-27 del Código de prácticas.

**SECADO Y LIMPIEZA ANTES DEL ALMACENAMIENTO**

8. Consultar los párrafos 28-33 del Código de prácticas.
9. La OTA se produce en los cereales debido a malas condiciones de secado o de almacenamiento. Los cereales se deberán dejar secar lo más posible antes de la cosecha, de acuerdo con el medio ambiente local y las condiciones del cultivo. Si fuera necesario cosechar los cereales antes de que su actividad del agua sea inferior a 0,70, es necesario secarlos hasta lograr un contenido de humedad correspondiente a una *aw* inferior a 0,70 (0,65 de preferencia). En las regiones de clima templado, donde son necesarias condiciones de almacenamiento intermedio debido a la poca capacidad de secado, es necesario asegurar que el contenido de humedad sea inferior al 15%, el tiempo de almacenamiento intermedio sea inferior a 10 días, y el cereal esté a una temperatura inferior a 20°C, en general. Las condiciones adecuadas de almacenamiento intermedio pueden determinarse por la variedad del cereal, el tamaño del grano, la calidad del cereal y la temperatura exterior.

**ALMACENAMIENTO DESPUÉS DEL SECADO Y LA LIMPIEZA**

10. Consultar los párrafos 34-43 del Código de prácticas.

**TRANSPORTE DESDE EL ALMACÉN**

11. Consultar los párrafos 44-46 del Código de prácticas.

**ELABORACIÓN Y LIMPIEZA DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO**

12. La OTA es muy estable y no se degrada en la elaboración primaria (p. ej. al triturarla para obtener harinas) o en la elaboración posterior (p. ej., al elaborar pan). Su distribución en los cereales sin elaborar es heterogénea, ya que la toxina normalmente está presente en altas concentraciones en un número muy reducido de los granos ("focos críticos"). A medida que el grano se elabora, la OTA se redistribuye entre las fracciones del cereal molido, y presenta concentraciones más bajas en las fracciones de harina del endospermo y niveles más altos en las fracciones de salvado, respecto a las que se observan en el cereal sin elaborar.
13. Consultar los párrafos 47-54 del Código de prácticas.

## ANEXO 4

**PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR TRICOTECENOS EN LOS CEREALES  
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS  
(BPA) Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de fabricación incluyen métodos para reducir la infección de *Fusarium* spp y la contaminación de tricotecenos en los cereales durante el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, la cosecha, el almacenamiento, el transporte y la elaboración. Los tricotecenos más comunes son el deoxinivalenol (DON), producido principalmente por *F. graminearum* y *F. culmorum*), las toxinas T-2 y HT-2 (producidas principalmente por *F. sporotrichioides* y *F. poae*), el diacetoxiscirpenol (DAS, producido por *F. equiseti*, *F. poae*, *F. acuminatum*) y el nivalenol (NIV) producido por *F. asiaticum*, *F. poae*, *F. graminearum* y *F. culmorum*).

**SIEMBRA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS**

2. Consultar el párrafo 11 del Código de prácticas.

**LABRANZA Y PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA**

3. Consultar los párrafos 12-16 del Código de prácticas.

**ANTES DE LA COSECHA**

4. Consultar los párrafos 17-23 del Código de prácticas.
5. Aunque la OTA se asocia a la formación de hongos después de la cosecha en cereales almacenados, los daños producidos por las heladas, la presencia de hongos competitivos, las lluvias excesivas y la sequía son factores previos a la cosecha que pueden repercutir en los niveles de OTA en los cereales cosechados. Colocar los cereales sobre la tierra también puede traducirse en producción de OTA en condiciones de humedad.

**COSECHA**

6. Consultar los párrafos 24-27 del Código de prácticas.
7. No se permita que los cereales maduros permanezcan en el campo durante largos períodos de tiempo, especialmente en climas fríos y húmedos, a fin de evitar la formación de toxinas T-2 y HT-2.

**SECADO Y LIMPIEZA ANTES DEL ALMACENAMIENTO**

8. Consultar los párrafos 28-33 del Código de prácticas.

**ALMACENAMIENTO DESPUÉS DEL SECADO Y LA LIMPIEZA**

9. Consultar los párrafos 34-43 del Código de prácticas.

**TRANSPORTE DESDE EL ALMACÉN**

10. Consultar los párrafos 44-46 del Código de prácticas.

**ELABORACIÓN Y LIMPIEZA DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO**

11. Consultar los párrafos 47-54 del Código de prácticas.
12. La extrusión del cereal puede reducir el contenido de tricotecenos en los productos elaborados, especialmente de DON.
13. Las cáscaras y membranas de las semillas que se separan (las capas de salvado) de los cereales elaborados para utilizarse en alimentos pueden contener niveles inaceptablemente altos de DON, cuyos niveles se deben analizar antes de la elaboración para obtener productos para el consumo.

**ANEXO 5****PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS EN LOS CEREALES  
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS  
(BPA) Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de fabricación comprenden métodos para reducir la infección de hongos aflatoxigénicos (principalmente *A. flavus*, *A. parasiticus* y *A. nomius*) y la producción de aflatoxinas en los cereales durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la cosecha, almacenamiento, transporte y elaboración.

**SIEMBRA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS**

2. Consultar el párrafo 11 del Código de prácticas.
3. Si están disponibles y es eficaz en función de los costos, los funcionarios de extensión deberán ayudar a los agricultores en la adquisición y liberación de *A. flavus* y *A. parasiticus* no aflatoxigénicos en el entorno agrícola a fin de suprimir la presencia natural de hongos aflatoxigénicos, de conformidad con las instrucciones del fabricante. Podrían utilizarse métodos biológicos, como otros biofungicidas y bioplaguicidas.

**LABRANZA Y PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA**

4. Consultar los párrafos 12-16 del Código de prácticas.

**ANTES DE LA COSECHA**

5. Consultar los párrafos 17-23 del Código de prácticas.
6. Para combatir las aflatoxinas se pueden utilizar métodos biológicos, pero el producto que se aplique deberá estar permitido por las autoridades pertinentes, ser inocuo y eficaz en función del costo, y estar dirigido contra el hongo toxigénico en cuestión.

**COSECHA**

7. Consultar los párrafos 24-27 del Código de prácticas.

**SECADO Y LIMPIEZA ANTES DEL ALMACENAMIENTO**

8. Consultar los párrafos 28-33 del Código de prácticas.
9. Se producen aflatoxinas en el maíz antes de la cosecha, debido a la formación de hongos toxigénicos a consecuencia de los daños producidos por una infestación de insectos, aves y otros animales, sequía, daños por granizo o una combinación de estos factores. Las aflatoxinas raramente se producen en los cereales pequeños, salvo a consecuencia de malas prácticas de almacenamiento. Los cereales se deberán dejar secar lo más posible antes de la cosecha, de acuerdo con el medio ambiente local y las condiciones del cultivo. Si fuera necesario cosechar los cereales antes de que la actividad del agua sea inferior a 0,70, secarlos hasta lograr un contenido de humedad correspondiente a una *aw* inferior a 0,70 (0,65 de preferencia) inmediatamente después de la cosecha y lo antes posible. En una región de clima templado, donde son necesarias condiciones de almacenamiento intermedio debido a la poca capacidad de secado, es necesario asegurar que el contenido de humedad sea inferior al 15%, el tiempo de almacenamiento intermedio sea menor de 10 días, y el cereal esté a una temperatura inferior a 20°C, en general. Las condiciones adecuadas de almacenamiento intermedio pueden determinarse por la variedad del cereal, el tamaño del grano, la calidad del cereal y la temperatura exterior.

**ALMACENAMIENTO DESPUÉS DEL SECADO Y LA LIMPIEZA**

10. Consultar los párrafos 34-43 del Código de prácticas.
11. La formación de aflatoxinas en los cereales deberá prevenirse durante el almacenamiento reduciendo al mínimo el tiempo entre la cosecha y un secado adecuado para el almacenamiento y transporte, y manteniendo el contenido de humedad en un nivel de inocuidad (<0,70).

**TRANSPORTE DESDE EL ALMACÉN**

12. Consultar los párrafos 44-46 del Código de prácticas.

**ELABORACIÓN Y LIMPIEZA DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO**

13. Consultar los párrafos 47-54 del Código de prácticas.
14. La nixtamalización es un procedimiento que consta de hervir y remojar el maíz en una solución de hidróxido de calcio para retirar la cáscara. Este proceso puede reducir los niveles de aflatoxinas en el maíz tratado, así como en la harina para masa que se usa para hacer tortillas, tamales, pupusas y otros productos derivados de la masa.