

comisión del codex alimentarius



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DE LA SALUD



OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROMA Tel: 39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Tema 15 d) del programa

CX/FAC 02/21
Noviembre de 2001

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMITÉ DEL CODEX SOBRE ADITIVOS ALIMENTARIOS Y CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS 34ª reunión

Rotterdam, Países Bajos, 11-15 de marzo de 2002

ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR (REDUCIR) LA CONTAMINACIÓN DE LOS CEREALES POR MICOTOXINAS, CON ANEXOS SOBRE LA OCRATOXINA A, LA ZEARALENONA, LAS FUMONISINAS Y LOS TRICOTECENOS

Se invita a los gobiernos y los organismos internacionales interesados que deseen presentar observaciones sobre el tema que se trata a continuación a que lo hagan **para el 1º de enero de 2002**, enviándolas a la dirección siguiente: S.P.J. Hagenstein, Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, P.O. Box 20401, 2500 EK, La Haya, Países Bajos (fax: +31.70.378.6141; correo electrónico: s.p.j.hagenstein@vvm.agro.nl), y remitiendo una copia al Secretario de la Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia (fax: +39.06.5705.4593; correo electrónico: Codex@fao.org).

OBSERVACIONES

1. Se invita a los gobiernos y los organismos internacionales interesados a formular observaciones en el Trámite 3, de acuerdo con lo indicado anteriormente, sobre el texto adjunto del Anteproyecto de Código de Prácticas para Prevenir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas, con anexos sobre la zearalenona (Anexo 1), las fumonisinas (Anexo 2), la ocratoxina A (Anexo 3) y los tricotecenos (Anexo 4), que se examinará en la 34ª reunión del Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos.

ANTECEDENTES

2. El Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC), en su 33ª reunión (marzo de 2001), convino en devolver al Trámite 3 el Anteproyecto de Código de Prácticas, a fin de que la delegación de Estados Unidos, en colaboración con Argentina, Canadá, Noruega, Sudáfrica y Suecia, lo volviera a redactar tomando en cuenta las observaciones recibidas y los resultados de la evaluación efectuada por el JECFA en su 56ª reunión. El Comité convino en que el Código debería incluir un nuevo anexo sobre los tricotecenos¹.

¹ ALINORM 01/12A, párrs. 148-151.

INTRODUCCIÓN

3. Las micotoxinas son metabolitos tóxicos producidos por ciertos hongos que pueden desarrollarse en diversos productos agrícolas, en el campo y/o durante el almacenamiento. Es difícil prever la aparición de estas toxinas en los cereales y otros productos sensibles a la infestación por mohos; en ella influyen factores ambientales como la temperatura, la humedad y la cantidad de precipitaciones que se producen durante la recolección y en los períodos anterior y posterior a la cosecha.

4. Las micotoxinas pueden presentar diferentes manifestaciones toxicológicas. Algunas afectan al sistema inmunológico, mientras que otras son teratogénicas, mutagénicas y/o carcinogénicas en algunas especies animales sensibles y se asocian a varias enfermedades agudas y crónicas en los animales domésticos, el ganado y los seres humanos en muchas partes del mundo. En muchos casos se desconocen las consecuencias que tienen para la salud los niveles de micotoxinas a los que están expuestos a menudo los seres humanos.

5. El nivel de contaminación de un producto por una micotoxina concreta depende de la sensibilidad de las plantas a la invasión fúngica durante todas las fases de su crecimiento, almacenamiento y elaboración. Teniendo en cuenta que los factores ambientales (p. ej. clima habitual, condiciones atmosféricas extremas) desempeñan un papel fundamental en la aparición de micotoxinas en los cereales y otros productos, la incidencia de la contaminación por micotoxinas en un cultivo alimentario específico puede variar de año en año y de región a región.

6. Las consecuencias de salud pública, los efectos en la salud del ganado y las repercusiones económicas de la contaminación de los productos por micotoxinas a nivel local e internacional determinan la necesidad de controlar la contaminación por micotoxinas y llevarla al nivel que, con sólido fundamento científico, se considera como umbral de preocupación.

7. Es imposible impedir por completo la contaminación de los cultivos por micotoxinas. Se necesita un enfoque integrado que abarque la gestión antes de la cosecha, durante la misma y después de la recolección. Cada uno de estos aspectos se examinan de manera más exhaustiva en el Apéndice 1. Reducir al mínimo la infección fúngica y la contaminación por micotoxinas en la fase previa a la recolección es una estrategia importante para disminuir la contaminación durante el período posterior a la cosecha.

8. Los códigos de prácticas elaborados por el Codex Alimentarius deberían contener unos principios generales para la reducción de las micotoxinas en los cereales. Las autoridades nacionales deben comunicar a los productores tales principios generales, teniendo en cuenta los cultivos, el clima y las prácticas de producción locales, para ayudarles a reducir al mínimo el nivel de micotoxinas durante la producción y el almacenamiento de sus cultivos. Se recomienda también que las autoridades nacionales proporcionen recursos para estudiar las causas de las situaciones inusuales de proliferación fúngica y formación de micotoxinas que se verifiquen en campañas agrícolas particulares, o asuman la iniciativa de realizar estos estudios, para ayudar a la industria a mantener y mejorar la inocuidad de los alimentos y su valor en el mercado.

Toxinas producidas por *Fusarium*

9. Las especies de *Fusarium* que pueden infectar los cereales antes de la recolección son capaces de producir micotoxinas, menoscabar la calidad y reducir el rendimiento de los cultivos de cereales. Los granos podrán decolorarse y arrugarse, y pueden contener varias micotoxinas². Por otra parte, granos que no presentan síntomas también pueden estar infectados y contener micotoxinas. Algunas especies de *Fusarium* son muy patógenas, mientras que otras lo son solamente en escasa medida o no son patógenas en absoluto. Se sabe que algunas especies de *Fusarium* producen varias micotoxinas, de las que las más importantes suelen ser la fumonisina, la zearalenona, el deoxinivalenol (DON o vomitoxina), el nivalenol, la toxina HT-2

² Parry, D.W., Jenkinson P., McLeod, L. *Fusarium* ear Blight (scab) in small grain cereals - A review. *Plant Pathology* 44, 207-238, 1995.

y la toxina T-2. Se han observado variaciones en la capacidad para producir micotoxinas entre cepas de la misma especie.

10. Las plantas de los cereales son más sensibles a la infección por *Fusarium* durante la antesis (floración), y también son vulnerables a la infección en el período comprendido entre la antesis y la maduración. Unas precipitaciones frecuentes, una humedad elevada y una condensación intensa durante los períodos de floración y de granazón inicial favorecen la infección y el desarrollo de enfermedades. Cuando el inóculo disponible es suficiente, es el momento y no el volumen de las precipitaciones el factor más importante³.

11. Las prácticas que permitirán reducir la infección por *Fusarium* y la formación de sus toxinas en el campo y después de la recolección podrán variar en función del clima de la región y el tipo de cultivo. Sin embargo, medidas generales para reducir la infección fúngica de los cultivos como las descritas en ALINORM 97/12A, Apéndice IX también son aplicables a las toxinas de *Fusarium*⁴

12. En relación con la infección por *Fusarium* y la formación de micotoxinas se han identificado algunos factores de riesgo, que incluyen las precipitaciones durante la antesis, los retrasos en la recolección como consecuencia del tiempo húmedo, la utilización de variedades sensibles, la rotación entre maíz y trigo, una presencia importante de inóculo del año anterior, el encamado y una labranza reducida. Estos factores de riesgo varían entre las diferentes regiones y tipos de cultivo. Sin embargo, se ha demostrado que la infección por *Fusarium* aumenta considerablemente con la acumulación de factores de riesgo. El número de dichos factores, por consiguiente, se debería mantener lo más bajo posible.

Tricotecenos

13. El deoxivalenol, el nivalenol, la toxina HT-2 y la toxina T-2 pertenecen al grupo de los tricotecenos, que comprende un gran número de toxinas fúngicas. El deoxivalenol es la que aparece con mayor frecuencia en los cereales, mientras que la toxina HT-2 y la toxina T-2 son las más tóxicas. La toxicidad de los tricotecenos se debe en gran medida a su capacidad para inhibir la síntesis proteínica. Efectos comunes son diarrea, hemorragias, lesiones cutáneas e inmunosupresión.

14. Las especies fúngicas que producen deoxivalenol son principalmente *Fusarium graminearum* y *Fusarium culmorum*, ambas sumamente patógenas en los cereales. El aumento de las precipitaciones y una humedad elevada favorecen la infección por estas especies durante la antesis. Estas especies, así como *Fusarium poae*, pueden producir nivalenol. *F. sporotrichioides* y otras especies de *Fusarium* producen toxina HT-2 y toxina T-2. Las condiciones para la formación de estas toxinas se han estudiado menos, pero al parecer difieren en cierto modo de las descubiertas en relación con el deoxivalenol.

Zearalenona

15. *F. graminearum* y *F. culmorum* son también las principales productoras de zearalenona, aunque casi todas las especies patógenas de *Fusarium* son capaces de generar esta toxina. La zearalenona y sus metabolitos estructuralmente afines tienen efectos estrogénicos y estimulan el crecimiento en animales domésticos y de laboratorio. En muchos países del mundo se ha notificado la presencia simultánea de zearalenona y deoxivalenol en el mismo cultivo.

16. La zearalenona puede aparecer en la mayoría de los cereales, como maíz, trigo, cebada, avena y centeno. La producción de la toxina tiene lugar sobre todo en el campo, aunque también puede verificarse después de la cosecha. En algunas investigaciones se ha señalado la presencia de niveles altos de

³ Miller J.D. Epidemiology of *Fusarium* diseases of cereals. En: Miller J.D. y Trenholm H.L. (eds.) Mycotoxin in grain; Compounds other than aflatoxin. Eagan Press St. Paul Minnesota, 1994, pp. 19-36.

⁴ Código de Prácticas del Codex para reducir la aflatoxina B1 presente en las materias primas y los piensos suplementarios para animales productores de leche (CAC/RCP 45-1997); volumen 1 A del Codex Alimentarius).

contaminación en el maíz, así como en el maíz ensilado.^{5,6} Los granos infectados pueden decolorarse y arrugarse y contener zearalenona, combinada o no con otras micotoxinas producidas por *Fusarium*. Granos que no presentan síntomas pueden estar infectados por especies de *Fusarium* menos patógenas que producen zearalenona u otras micotoxinas. El secado inmediato de los cereales tras la recolección y un almacenamiento adecuado y sin dilaciones pueden evitar una mayor contaminación por zearalenona. Debe considerarse la selección y plantación de cultivares de cereales que sean resistentes a las especies de *Fusarium* como medio practicable para controlar la contaminación por zearalenona. Es necesario desarrollar una metodología más adecuada, cuantitativa, y de selección para medir la presencia de zearalenona y sus metabolitos estructuralmente afines en los distintos cultivos de cereales.

Fumonisina

17. Las fumonisinas son un tipo de micotoxinas de reciente identificación producidas sobre todo por *Fusarium verticillioides* [= *F. moniliforme*], *Fusarium proliferatum* y varias otras especies de *Fusarium* de la sección Liseola. Estas toxinas aparecen casi exclusivamente en el maíz.

18. Se han identificado al menos 12 análogos de fumonisinas⁷. Se estima que las fumonisinas B₁ (FB₁) y B₂ (FB₂) son los análogos naturales más abundantes y más tóxicos⁸. La proporción entre FB₁ y FB₂ es de 3:1 aproximadamente en el maíz contaminado en circunstancias naturales⁹.

19. Se ha demostrado que la fumonisina B₁ causa una variedad de efectos adversos en diversas especies animales, como leucoencefalomalacia en los caballos, edema pulmonar en los cerdos, y carcinogénesis hepática en las ratas. En dos estudios a largo plazo en roedores, la fumonisina B₁ purificada provocó cáncer de riñón en machos de rata y cáncer de hígado en hembras de ratón.^{10,11}

20. *F. verticillioides* se asocia con la aparición de enfermedades en todas las fases de desarrollo de la planta de maíz, infectando las raíces, los tallos y los granos. No sólo es el patógeno más habitual del maíz, sino que también se encuentra entre los hongos más comunes que colonizan plantas de maíz asintomáticas.¹² Los conidios transportados por el aire pueden infectar las barbas del maíz a partir de los rastros del suelo.

21. La magnitud de la contaminación del maíz por fumonisinas varía en función de la ubicación geográfica y es mayor en las regiones más cálidas del mundo.^{13,14} Las prácticas agrícolas y el genotipo también determinan la susceptibilidad de las plantas de maíz a la invasión fúngica y a la contaminación del maíz¹⁵.

⁵ Kuiper-Goodman, T., Scott P.M., y Watanabe, H. Risk assessment of the mycotoxin zearalenone. Regul Toxicol Pharmacol 7, 253-306, 1987.

⁶ Scudamore, K.A., y Livesey, C.T. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. J Sci Food Agric 77, 1-7, 1998.

⁷ Musser, S.M. y Plattner, R.D. Fumonisin composition in cultures of *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum*, and *Fusarium nygami*. J. Agric Food Chem. 45: 1169-1173, 1997.

⁸ Sydenham, E.W.; Shephard, G.S.; y Thiel, P.G. Liquid chromatography determination of fumonisins B₁, B₂ and B₃ in foods and feeds. J Assoc. Off. Anal. Chem. 75: 313-318, 1992.

⁹ Ross, P.F.; Rice, L.G.; Osweiler, G.D.; Nelson, P.E.; Richard, J.L.; Wilson, T.M. A review and up-date of animal toxicoses associated with fumonisin-contaminated feeds and production of fumonisins by *Fusarium* isolates. Mycopathologia 117: 109-114, 1992.

¹⁰ National Toxicology Program. 1999. Toxicology and Carcinogenesis Studies of Fumonisin B₁[CAS NO, 116355-83-0] in F344/N Rats and B6C3F1 Mice. NTP Technical Report 496. National Institutes of Health Publication NO.99-3955, Research Triangle, North Carolina.

¹¹ JECFA. 56ª reunión. Resumen y conclusiones. Ginebra, 6-15 de febrero de 2001.

¹² Munkvold, G.P. y Desjardins, A.E. Fumonisin in maize – Can we reduce their occurrence? Plant Disease 81(6): 556-565, 1997.

¹³ Shelby, R.A.; White, D.G.; Bauske, E.M. Differential fumonisin production in maize hybrids. Plant Disease 78: 582-584, 1994.

¹⁴ Miller, J.D. Factors affecting the occurrence of fumonisin in corn. Actas (pág. 21) de la Conferencia Internacional sobre la Toxicología de la Fumonisina. 28-30 de junio de 1999. Arlington, Virginia..

¹⁵ Doko M.B.; Rapior, S.; Visconti, A. y Schjth, J.E. Incidence and levels of fumonisin contamination in maize genotypes grown in Europe and Africa. J. Agric. Food Chem. 43: 429-434, 1995.

22. Los factores ambientales, como por ejemplo la temperatura, la humedad, la sequía y la intensidad de las precipitaciones durante el período anterior a la recolección y en el curso de ésta, influyen en los niveles de fumonisinas presentes en el maíz. El almacenamiento del maíz recolectado en condiciones de humedad inadecuadas puede tener como consecuencia una acumulación adicional de fumonisinas¹⁶.

23. En general no se cree que el nivel de fumonisinas aumente con el almacenamiento si se mantienen una humedad y una temperatura adecuadas para el grano¹². El control de las fumonisinas en el maíz se complica por la existencia de cruzamientos entre varios tipos diferentes de poblaciones pertenecientes a la sección de Liseola *Fusarium*, que se encuentra habitualmente en plantas de maíz asintomáticas. Además, la producción de fumonisinas por especies de *Fusarium* distintas de *F. verticillioides* en la sección Liseola, así como por algunas especies afines, dificulta el desarrollo de cultivares de maíz resistentes a los distintos hongos que producen fumonisinas.

Ocratoxina A

24. La ocratoxina A es una micotoxina que suscita gran preocupación en relación con la salud humana en ciertas regiones del mundo. Se clasifica como posible carcinógeno humano,¹⁷ y se ha descubierto que afecta al sistema inmunológico y que es nefrotóxica. Normalmente, entre el 50 y el 80 por ciento de la ingesta media de ocratoxina A proviene de los cereales^{18,19}, dependiendo de la región del mundo y de la dieta específica. Además, los cereales son un componente fundamental de la alimentación de los animales productores de alimentos y las micotoxinas presentes en los piensos tienen efectos directos en la salud animal y repercusiones indirectas en la inocuidad de los alimentos.

25. Se ha señalado que un gran número de especies fúngicas producen ocratoxina A, especialmente los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*²⁰. De estos hongos, solamente se conoce una asociación constante con los cereales de *Penicillium verrucosum*, pero ésta sólo se ha estudiado en los países nórdicos. Se ha señalado que dos especies de *Aspergillus* negro, *A. ochraceus* y otras especies afines producen ocratoxina A. Estas especies de *Aspergillus* de color negro y ocre se han relacionado habitualmente con el café, las uvas, las especias y, con mucha menor frecuencia, los cereales. No obstante, tienen probabilidades de producir ocratoxina A en los cereales en las regiones más cálidas.

26. Los cereales almacenados pueden sufrir la invasión de hongos de almacenamiento, como *P. verrucosum*, si no se han secado debidamente, o bien la proliferación fúngica puede comenzar a partir de zonas húmedas localizadas. Investigaciones efectuadas en países con clima templado, en los que *P. verrucosum* es el productor de ocratoxina A más importante, señalan que el problema de la contaminación por dicha toxina está relacionado fundamentalmente con las condiciones posteriores a la recolección^{21,22,23,24}. El contenido mínimo de humedad que *P. verrucosum* necesita para desarrollarse es del 16 al 17 por ciento. Para la producción de ocratoxina A el contenido de humedad debe ser superior en un 1 por ciento, aproximadamente. Existe menos información sobre la producción de ocratoxina A por parte de las especies

¹⁶ Bacon, C.W.; Bennett, R.M.; Hinton, D.M. y Voss, K.A. Scanning electron microscopy of *Fusarium moniliforme* within asymptomatic corn kernels and kernels associated with equine leukoencephalomalacia. *Plant Disease* 76(2): 144-148, 1992.

¹⁷ IARC: IARC Monographs on evaluation of carcinogenic risks to humans: some naturally occurring substances; food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins, Vol. 56: 489-521, 1993.

¹⁸ Codex Alimentarius: CX/FAC 99/14, Documento de posición sobre la ocratoxina A.

¹⁹ Comisión Europea, SCOOP-task 3.2.2: Assessment of dietary intake of Ochratoxin A by the population in EU member states, Informe EUR 17523 EN (versión revisada), 1997.

²⁰ Friivad, J.C. Revision of the taxonomy of *Penicillium* and *Aspergillus* species producing ochratoxin A. Comunicación personal, manuscrito en fase de elaboración, 2000.

²¹ Holmberg, T., Breitholtz-Emanuelsson, A., Haggblom, P., Schwan, O., y Hult, K. *Penicillium verrucosum* in feed of ochratoxin A positive swine herds. *Mycopathologia* 116: 169-176, 1991.

²² MAFF/DH, Food Safety information Bulletin n° 49: 9, 1994.

²³ MAFF/DH, Food Safety information Bulletin n° 57: 14-15, 1995.

²⁴ Jonsson N. y Petterson H. Evaluation of different preservation methods for cereal grain –based on occurrence of moulds and mycotoxins (en sueco). JTI-rapport, Lantbruk och Industri N° 263, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala, Suecia, 1999.

de *Aspergillus* en los climas más cálidos, por ejemplo si la infección y la producción de la toxina comienzan en el campo, en la planta en crecimiento.

27. Del mismo modo que para las toxinas producidas por *Fusarium*, las prácticas que reducen la contaminación por ocratoxina A pueden variar entre las diferentes regiones climáticas y tipos de cultivos de cereales. Sin embargo, medidas generales destinadas a evitar la infección fúngica de los cultivos como las que se describen en ALINORM 97/12A, Apéndice IX, también se podrían aplicar a la ocratoxina A.

ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR (REDUCIR) LA CONTAMINACIÓN DE LOS CEREALES POR MICOTOXINAS

1. En la actualidad no es factible eliminar por completo los productos contaminados por micotoxinas. La elaboración y aceptación por parte del Codex de un Código de Prácticas General proporcionará unas pautas uniformes que todos los países podrán tomar en cuenta en sus intentos de controlar la contaminación por diferentes micotoxinas. Para que este Código de Prácticas sea eficaz, será necesario que los productores de cada país consideren los principios generales que en él se enuncian teniendo en cuenta sus cultivos, condiciones climáticas y prácticas agrícolas locales, antes de intentar aplicar las disposiciones del Código. Es importante que los productores sean conscientes de que las buenas prácticas agrícolas (BPA) constituyen la primera línea de defensa contra la contaminación de los cereales por micotoxinas, seguida por la aplicación de buenas prácticas de fabricación (BPF) durante la manipulación, el almacenamiento y la distribución de los cereales destinados a la alimentación humana y animal.
2. Las recomendaciones para la reducción de las micotoxinas en los cereales se dividen en dos partes: las prácticas recomendadas sobre la base de las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de fabricación (BPF); un sistema de gestión complementario que ha de considerarse en el futuro, es el Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP).
3. Este Código de Prácticas General contiene unos principios generales para la reducción de diferentes micotoxinas en los cereales, que deben sancionar las autoridades nacionales. Éstas deben educar a los productores en cuanto a los factores ambientales que favorecen la infección, la proliferación fúngica y la producción de toxinas en los cultivos de cereales en las explotaciones agrícolas. Se debería destacar el hecho de que la estrategia anterior o posterior a la recolección para un cultivo determinado dependerá de las condiciones climáticas del año considerado, tomando en cuenta los cultivos locales y las condiciones de producción tradicionales en ese país o región concretos. Es necesario crear materiales de pruebas que sean rápidos, abordables y precisos y los correspondientes planes de muestreo, para poder efectuar pruebas en los cargamentos de cereales sin perturbar excesivamente las operaciones. Se deberán establecer procedimientos para manejar de manera apropiada, reacondicionándolos, retirándolos o desviándolos, los cultivos de cereales que puedan suponer una amenaza para la salud de las personas y/o los animales. Las autoridades nacionales deben apoyar la investigación sobre métodos y técnicas para prevenir la contaminación fúngica en el campo y durante la cosecha y el almacenamiento de los cereales.

I. PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BFF)

ANTES DE LA RECOLECCIÓN

4. Considerar la posibilidad de elaborar y mantener un plan de rotación de cultivos para evitar que se plante el mismo cultivo en el mismo campo en dos años consecutivos. Se ha comprobado que el trigo y el maíz son especialmente sensibles a las especies de *Fusarium* y, por lo tanto, no se debería efectuar la rotación entre ambos. Cultivos como las papas, otras hortalizas, el trébol y la alfalfa, que no son huéspedes de especies de *Fusarium spp.*, se deben utilizar en rotación para reducir el nivel de inóculo presente en el campo.
5. Siempre que resulte posible y práctico, preparar el terreno para la siembra de cada nuevo cultivo destruyendo, eliminando o arando por debajo de las espigas antiguas, los tallos y otros rastrojos que puedan servir o haber servido de sustrato para el desarrollo de hongos productores de micotoxinas. En zonas vulnerables a la erosión quizás sea necesario aplicar prácticas que excluyan la labranza, en aras de la conservación del suelo.
6. Utilizar los resultados de los análisis del suelo para determinar si se requieren fertilizantes y/o acondicionadores del suelo con objeto de garantizar que su pH, así como la nutrición de las plantas, sean adecuados para evitar condiciones adversas a las mismas, especialmente durante el desarrollo de las semillas.

7. Cultivar, siempre que sea posible, variedades de semillas desarrolladas especialmente para resistir a los hongos que podrían infectarlas y a las plagas de insectos. Sólo se deberían plantar las variedades de semillas recomendadas para la zona concreta del país en cuestión.
8. Siempre que resulte práctico elegir, para plantar los cultivos un momento que permita evitar altas temperaturas y tensión debida a la sequía durante el período de desarrollo y maduración de las semillas.
9. Evitar el hacinamiento de las plantas, manteniendo entre éstas y entre los surcos la distancia recomendada para las especies/variedades cultivadas. Las empresas que proporcionan las semillas pueden brindar información sobre el espaciamiento necesario.
10. Reducir al mínimo los daños provocados por insectos y por infecciones fúngicas en las proximidades del cultivo, mediante el uso apropiado de insecticidas y fungicidas registrados y otras prácticas idóneas comprendidas en un programa de lucha integrada contra las plagas.
11. Controlar la presencia de malas hierbas en el cultivo por medio de métodos mecánicos o herbicidas registrados, o aplicando otras prácticas seguras y adecuadas de erradicación de malezas.
12. Reducir al mínimo los daños mecánicos a las plantas durante las prácticas de cultivo.
13. Si se utiliza riego, cerciorarse de que éste se aplica de manera uniforme y de que todas las plantas del campo reciben un suministro de agua adecuado. El riego es un método útil para reducir la tensión de las plantas en algunas situaciones de crecimiento. Las precipitaciones excesivas durante la antesis (floración) crean condiciones favorables para la diseminación e infección por *Fusarium spp*; por consiguiente, se debería evitar el riego durante la antesis y la maduración de los cultivos, y específicamente del trigo, la cebada y el centeno.
14. Programar la recolección de manera que el grano tenga un bajo contenido de humedad y esté en plena madurez, a no ser que esto último suponga someterlo a condiciones extremas de calor, precipitaciones o sequía. El retraso en la recolección del grano que ya esté infectado por especies de *Fusarium* puede provocar un incremento importante de su contenido de micotoxinas.
15. Antes de la recolección, asegurarse de que todos los equipos que se vayan a utilizar para la misma y para el almacenamiento de las cosechas están en buen estado. Una avería en este período crítico puede causar pérdidas en la calidad del grano y fomentar la formación de micotoxinas. Disponer de piezas de recambio importantes en la explotación agrícola para perder el menor tiempo posible en reparaciones. Cerciorarse de que se dispone del equipo necesario para efectuar las mediciones del contenido de humedad, y de que dicho equipo está calibrado.

DURANTE LA RECOLECCIÓN

16. El maíz recién recolectado debe limpiarse para extraer los granos dañados y otras materias extrañas. Los granos con infecciones asintomáticas no pueden eliminarse por medio de métodos de limpieza tradicionales; procedimientos de limpieza de las semillas como el empleo de tablas de gravedad permitirán extraer algunos granos infectados. Se necesitan más investigaciones a fin de elaborar unos procedimientos prácticos para separar los granos infectados asintomáticos de los que no están infectados.
17. Los contenedores (vagones, camiones) que vayan a utilizarse para recoger el grano recolectado y transportarlo del campo a las instalaciones de secado, y de éstas a los almacenes, deberán estar limpios, secos y exentos de insectos y proliferación fúngica visible antes de que se utilicen o se vuelvan a utilizar.
18. Durante la recolección, es necesario comprobar el contenido de humedad en varios puntos de cada cargamento de grano recolectado, puesto que dicho contenido puede variar considerablemente dentro del mismo campo.
19. En la medida de lo posible, evitar daños mecánicos al cereal y el contacto con el suelo durante la recolección. Se deberán adoptar medidas para reunir las espigas, paja, tallos y rastrojos de plantas infectadas y reducir al mínimo su dispersión hacia el suelo, donde las esporas pueden inocular futuros cultivos.
20. Inmediatamente después de la recolección, determinar los niveles de humedad de la cosecha; cuando corresponda, secarla hasta el contenido de humedad recomendado para el almacenamiento del cultivo en

cuestión. Las muestras que se tomen para efectuar las mediciones de la humedad deben ser tan representativas del lote como sea posible. Para reducir la variación del contenido de humedad dentro del lote, el grano puede transportarse a otra instalación (o silo) después del proceso de secado.

21. Los cereales deben secarse de manera que se reduzca al mínimo el daño sufrido por los granos y los niveles de humedad se mantengan por debajo de los que permiten el desarrollo de mohos durante el almacenamiento (por lo general, menos de 15 por ciento), a fin de evitar la proliferación de una serie de especies de hongos, sobre todo de *Fusarium*, que pueden estar presentes en el maíz fresco.

22. Evitar el apilamiento o amontonamiento de los productos húmedos recién recolectados durante más de unas pocas horas antes del secado o la trilla, a fin de reducir el riesgo de proliferación de hongos. El secado al sol de algunos productos en condiciones de humedad elevada puede tener como consecuencia la infección fúngica. Ventilar los productos mediante circulación forzada de aire.

DURANTE EL ALMACENAMIENTO

23. Asegurarse de que las instalaciones de almacenamiento cuentan con estructuras secas y bien ventiladas que las protegen de las precipitaciones, permiten el drenaje de las aguas subterráneas y evitan la entrada de roedores y pájaros, y de que las fluctuaciones de la temperatura son mínimas.

24. Las cosechas que se van a almacenar deben secarse hasta niveles de humedad seguros y enfriarse lo más rápidamente posible después de la cosecha. Se reducirá al mínimo la presencia de materias extrañas y granos dañados en los cereales almacenados. Remitirse al párrafo 29 para evaluar la utilización de plaguicidas aprobados.

25. Cuando esto se justifique se deberá vigilar el nivel de micotoxinas del grano que entra y sale del almacén, utilizando programas apropiados de muestreo y ensayo.

26. Para los productos ensacados, asegurarse de que los sacos estén limpios, secos y apilados en paletas, o de que existe una capa impermeable al agua entre los sacos y el suelo.

27. Almacenar a la temperatura más baja posible de acuerdo con las condiciones ambientales, aunque evitando que las temperaturas se acerquen al punto de congelación. En la medida de lo posible, ventilar el grano mediante circulación continua de aire para conservar una temperatura y humedad adecuadas en toda la zona de almacenamiento. Comprobar el contenido de humedad y la temperatura del grano a intervalos regulares durante el almacenamiento.

28. Medir la temperatura del grano a intervalos fijos durante su almacenamiento. Un incremento de la temperatura de 2°C a 3°C puede indicar proliferación microbiana y/o infestación por insectos. Separar las partes del grano que parezcan infectadas y enviar muestras para su análisis. Una vez separado el grano infectado, reducir la temperatura del cereal restante y ventilarlo. Evitar la utilización de grano infectado para producir alimentos o piensos.

29. Adoptar buenos procedimientos de limpieza para reducir al mínimo la presencia de hongos e insectos en las instalaciones de almacenamiento. Esto puede incluir el uso de insecticidas y fungicidas registrados y adecuados, o métodos alternativos apropiados. Se cuidará de seleccionar únicamente productos químicos que no supongan interferencia o daño considerando el uso al que esté destinado el grano, y se limitará estrictamente el empleo de tales sustancias.

30. La utilización de un agente conservador idóneo aprobado (por ejemplo ácidos orgánicos, como ácido propiónico) puede ser beneficiosa. Dichos ácidos son eficaces para matar los distintos hongos y evitar así la producción de micotoxinas, en el grano destinado únicamente a la fabricación de piensos. Las sales de los ácidos suelen ser más eficaces en el almacenamiento a largo plazo. Es necesario tener cuidado porque estos compuestos pueden tener un efecto negativo en el sabor y el olor del cereal.

31. Documentar los procedimientos de recolección y almacenamiento utilizados en cada temporada tomando nota de las mediciones (por ejemplo la temperatura y la humedad) y de cualquier desviación o cambios con respecto a las prácticas tradicionales. Esta información puede ser muy útil para explicar la(s) causa(s) de la proliferación de hongos y la formación de micotoxinas en una campaña agrícola concreta, y ayudar a evitar que se cometan los mismos errores en el futuro.

DURANTE EL TRANSPORTE DESDE EL LUGAR DE ALMACENAMIENTO

32. Asegurarse de que los contenedores empleados para el transporte están exentos de proliferación visible de hongos, insectos y cualquier material contaminado. Si es necesario habrá que limpiarlos a fondo antes de que se utilicen o de que se vuelvan a utilizar; además deberán ser idóneos para la carga prevista. Puede resultar útil el empleo de fumigadores o insecticidas registrados. En el momento de la descarga, el contenedor deberá vaciarse completamente de la carga y limpiarse según sea apropiado.
33. Los cargamentos de grano deberán protegerse de la acumulación de humedad adicional utilizando contenedores cubiertos o herméticos, o lonas alquitranadas. Evitar las fluctuaciones térmicas y las medidas que puedan ocasionar condensación en el grano, que puede dar lugar a una acumulación local de humedad y al consiguiente desarrollo de hongos con formación de micotoxinas.
34. Evitar la infestación por insectos, pájaros y roedores durante el transporte mediante el uso de contenedores resistentes a los insectos y los roedores o tratamientos químicos repelentes de los mismos que estén aprobados para el uso al que está destinado el grano.

II. UN SISTEMA DE GESTIÓN COMPLEMENTARIO QUE HA DE CONSIDERARSE EN EL FUTURO

35. El Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) es un sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos que se utiliza para identificar y controlar los peligros en el sistema de producción y elaboración. Los principios generales de HACCP se han descrito en varios documentos^{25, 26}.
36. El concepto de HACCP se refiere a un sistema de gestión integrado y global. Si se aplica de manera apropiada, este sistema debería permitir una reducción de los niveles de micotoxinas en muchos cereales. La utilización del HACCP como sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos tiene muchas ventajas con respecto a otros tipos de sistemas de control de la gestión en ciertos sectores de la industria alimentaria. En el ámbito de las explotaciones agrícolas, especialmente en el campo, muchos factores que influyen en la contaminación por micotoxinas de los cereales están relacionados con el medio ambiente, como las condiciones climáticas y los insectos, y es difícil o imposible controlarlos. En otros términos, los puntos críticos de control no existen en el campo. No obstante, tras la recolección se pueden identificar puntos críticos de control para las micotoxinas producidas por los hongos de almacenamiento. Por ejemplo, un punto crítico de control podría encontrarse al final del proceso de secado, y un límite crítico sería el contenido de agua/la actividad hídrica.
37. Se recomienda que se destinen recursos a destacar las BPA en el período anterior a la recolección y las buenas prácticas de fabricación (BPF) durante la elaboración y distribución de los diferentes productos. Un sistema de HACCP debe basarse en sólidas BPA y BPF.
38. Asimismo se recomienda, antes de seguir considerando el sistema de HACCP, remitirse al Anexo del documento del Codex CAC/RCP 1-1969, Rev. 3 (1997) "Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) y directrices para su aplicación".
39. También se debería tomar en cuenta el manual de HACCP para el control de micotoxinas publicado recientemente por la FAO y la OIEA²⁷.

²⁵ FAO. 1995. La utilización de los principios del análisis de peligros y de los puntos críticos de control en el control de los alimentos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición, número 58. Roma.

²⁶ ILSI, 1997: A Simple guide to understanding and applying the Hazard Analysis Critical Control Point concept, ILSI Europe Concise Monograph series. 2nd edition, ILSI Europe, Bruselas.

²⁷ Manual de HACCP para la lucha contra las micotoxinas. Centro Conjunto de Formación y Referencia de la FAO y de la OIEA para el Control de los Alimentos y Plaguicidas, en prensa.

40. En la Tercera Conferencia Internacional sobre las Micotoxinas, que se celebró en Túnez en marzo de 1999, una de las recomendaciones generales fue que se incorporaran a los programas de lucha integrada contra las micotoxinas los principios del HACCP, en relación con el control de los riesgos asociados con la contaminación por micotoxinas de los alimentos y los piensos²⁸. La aplicación de estos principios reducirá al mínimo la contaminación por micotoxinas mediante la aplicación de controles preventivos, en la medida de lo posible, en la producción, manipulación, almacenamiento y elaboración de cada cultivo de cereales.

²⁸

FAO: Previniendo la contaminación con micotoxinas. Alimentación, Nutrición y Agricultura, número 23, 1999. Dirección de Alimentación y Nutrición, FAO, Roma.

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 incluyen métodos para reducir la infección por *Fusarium* y la contaminación por zearalenona de los cereales, en el campo y durante la recolección, almacenamiento, transporte y elaboración.

ANTES DE LA RECOLECCIÓN

2. Véanse los apartados 4-15 del Código de Prácticas General.
3. La infección por *Fusarium* en las espigas de los cereales durante la floración debe vigilarse antes de la recolección, tomando muestras del cultivo y determinando la presencia de la infección con los métodos microbiológicos habituales. Asimismo deberá determinarse el contenido de micotoxinas en muestras representativas tomadas antes de la recolección. La utilización del cultivo debe basarse en la prevalencia de la infección y el contenido de micotoxinas del cereal.

DURANTE LA RECOLECCIÓN

4. Véanse los apartados 16-22 del Código de Prácticas General.

DURANTE EL ALMACENAMIENTO

5. Véanse los apartados 23-31 del Código de Prácticas General.

DURANTE EL TRANSPORTE DESDE EL LUGAR DE ALMACENAMIENTO

6. Véanse los apartados 32-34 del Código de Prácticas General.

DURANTE LA ELABORACIÓN

7. Los granos pequeños y arrugados pueden contener más zearalenona que los granos sanos normales. El aventamiento del grano durante la cosecha o en un momento posterior eliminará los granos estropeados.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ZEARALENONA BASADO EN EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE PELIGROS Y DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP)

8. Véanse los apartados 35-40 del Código de Prácticas General.

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)

ANTES DE LA RECOLECCIÓN

1. Véanse los apartados 4–15 del Código de Prácticas General.

DURANTE LA RECOLECCIÓN

2. Véanse los apartados 16-22 del Código de Prácticas General.
3. Se deberá planificar cuidadosamente la época de la recolección del maíz. Está demostrado que el maíz que se cultiva y se cosecha en meses cálidos puede contener niveles de fumonisinas muy superiores a los del maíz cultivado y recolectado en meses más fríos del año.

DURANTE EL ALMACENAMIENTO

4. Véanse los apartados 23-31 del Código de Prácticas General.

DURANTE EL TRANSPORTE DESDE EL LUGAR DE ALMACENAMIENTO

5. Véanse los apartados 32-34 del Código de Prácticas General.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LAS FUMONISINAS BASADO EN EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE
PELIGROS Y DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP)

6. Véanse los apartados 35-40 del Código General, referentes al HACCP.

**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)**

ANTES DE LA RECOLECCIÓN

1. Véanse los apartados 4-15 del Proyecto de Código de Prácticas General.
2. Los factores que en el período previo a la recolección pueden afectar a los niveles de ocratoxina A en los cereales recolectados incluyen los daños causados por las heladas, la presencia de hongos competitivos, el exceso de precipitaciones y la sequía.

DURANTE LA RECOLECCIÓN

3. Véanse los apartados 16-22 del Proyecto de Código de Prácticas General.

DURANTE LA CONSERVACIÓN

4. Se deberá dejar secar lo más posible el grano antes de la cosecha, de acuerdo con las condiciones ambientales locales y las condiciones del cultivo. Si no es posible recolectar el grano cuando cuenta con una actividad hídrica inferior a 0,70, será necesario secar el cereal lo más rápidamente posible hasta un contenido de humedad correspondiente a una actividad hídrica inferior a 0,70 (menos del 14 por ciento de contenido de humedad en los cereales finos). Para evitar la formación de ocratoxina A es necesario comenzar el proceso de secado inmediatamente después de la recolección, y preferiblemente efectuarlo con aire caliente. En las regiones de clima templado, cuando es necesario un almacenamiento intermedio o de amortiguación debido a la baja capacidad de secado, asegurarse de que el contenido de humedad sea inferior al 16 por ciento, que el tiempo de almacenamiento sea inferior a 10 días y que la temperatura esté por debajo de 20°C.

DURANTE EL ALMACENAMIENTO

5. Véanse los apartados 23-31 del Proyecto de Código de Prácticas General.

DURANTE EL TRANSPORTE

6. Véanse los apartados 32-34 del Proyecto de Código de Prácticas General.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA OCRATOXINA A BASADO EN EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE PELIGROS Y DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP)

7. Véanse los apartados 35-40 del Código de Prácticas General.

**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)**

ANTES DE LA RECOLECCIÓN

1. Véanse los apartados 4-15 del Código de Prácticas General.
2. No se deberá permitir que los granos maduros permanezcan en el campo durante períodos prolongados, sobre todo en condiciones climáticas de frío húmedo. Las toxinas T-2 y HT-2 no suelen encontrarse en los cereales en el momento de la cosecha, pero pueden aparecer en granos dañados por el agua en el campo o que se han humedecido durante la cosecha o el almacenamiento.
3. Véase el párrafo 3 del Anexo 1.
4. Los cultivadores de cereales deben mantener una relación estrecha con los grupos locales de comercio de cereales. Estos grupos deben actuar como importantes fuentes de información y asesoramiento para la elección de los productos de protección de plantas, cultivares y cepas apropiados. Esta elección tendrá en cuenta la resistencia a *Fusarium* y la disponibilidad local.

DURANTE LA RECOLECCIÓN

5. Véanse los párrafos 16–22 del Código de Prácticas General.

DURANTE EL ALMACENAMIENTO

6. Véanse los párrafos 23-31 del Código de Prácticas General.
7. Véase el párrafo 6 del Anexo 1.
8. Hay que tomar en cuenta que los cereales puedan estar contaminados por más de una micotoxina de tricoteceno y por sus derivados; por consiguiente se deberá disponer de métodos de selección rápidos y sencillos para el análisis de diversos tricotecenos. Se ha observado que la zearalenona, que no es un tricoteceno, ocasionalmente está presente en cereales contaminados también por DON y otros tricotecenos.

DURANTE EL TRANSPORTE DESDE EL LUGAR DE ALMACENAMIENTO

9. Véanse los párrafos 32–34 del Código de Prácticas General.

**SISTEMA DE GESTIÓN DE LOS TRICOTECENOS BASADO EN EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE
PELIGROS Y DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP)**

10. Véanse los apartados 35-40 del Código de Prácticas General.