

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.



1. Introducción
2. Micotoxinas y Aflatoxinas: efectos sobre la salud y tipos de aflatoxinas
3. *Aspergillus* en el grano de maíz: síntomas y condiciones para su desarrollo
4. Normativa sobre Aflatoxinas
5. Definiciones de: Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas y Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) en almacén
6. Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas de cultivo (BPA) y Sistema APPCC durante el cultivo
7. Diagrama de Flujo y APPCC en recepción de grano de maíz para su almacenaje en Cooperativa
8. Diagrama de Flujo y APPCC en Almacén
9. Diagrama de Flujo y APPCC en la recepción en la fabrica de piensos



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE**



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Aflatoxinas en maíz grano. Diagramas de Flujo y Sistema APPCC en Campo, Recepción y Almacén. / [María Aguilar... [et. al.]]. - Sevilla. Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2018. 39- p. Formato digital (e-book) - - Ingeniería y Tecnología Agroalimentaria
Aflatoxinas - Maíz - Diagrama de Flujo- APPCC- -Campo, Recepción y Almacén.



Este documento está bajo Licencia Creative Commons. Reconocimiento-No comercial-Sin obra derivada

Aflatoxinas en maíz grano. Diagramas de Flujo y Sistema APPCC en Campo, Recepción y Almacén.

© Edita JUNTA DE ANDALUCÍA. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Sevilla, agosto de 2018.

Autoría:

María Aguilar Blanes

Manuel Aguilar Portero

Francisco Perea Torres

Ana Aguado Puig

IFAPA Centro Las Torres

Agradecimientos

Cooperativas Colaboradoras :

Cooperativa Coare, Palma del Río

Cooperativa San Sebastián, Lora del Río

Cooperativa Productores de Campo, Alcalá del Río

La financiación necesaria para el desarrollo de este trabajo ha sido cofinanciada al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2017-2018, con código de operación PP.AVA.AVAZ01601.17.

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

1.- Introducción

Una amplia gama de **hongos son capaces de producir** distintos tipos de **micotoxinas** (Tabla 1). En el caso de las aflatoxinas, los más conocidos son del género *Aspergillus*, siendo los más frecuentes *A. flavus* y *A. parasiticus* (Figura 1). Los cultivos más afectados son los cereales (maíz y sorgo), algodón, frutos secos y algunas especies de oleaginosas y frutales. En Andalucía, el grano de maíz es el producto vegetal más afectado (Figura 2), siendo muy importante realizar estudios que faciliten su control.

Los **momentos de infección del grano por *Aspergillus*** son: durante el cultivo, después de la cosecha, en el transporte, en la recepción, el almacenamiento y el procesamiento posterior, incluyendo las instalaciones ganaderas y la distribución hasta el consumidor. Debido a sus graves efectos sobre la salud, la normativa Europea prevé un control sanitario integral a lo largo de toda la cadena alimentaria (desde el campo a la mesa).

En este sentido, **IFAPA ha iniciado una línea de trabajo** para ampliar la base de conocimiento sobre la problemática de las aflatoxinas en el cultivo de maíz en Andalucía, en producción primaria y almacenamiento del grano de maíz, en colaboración con Cooperativas Agrarias y agricultores . Este proyecto incluye la elaboración de **diagramas de flujo** de referencia, resaltando los **puntos críticos de control** y la **mejora de la metodología de toma de muestras** en campo, en almacenaje, la realización de ensayos sobre el grado de **susceptibilidad varietal** a infecciones por *Aspergillus* y la realización de **encuestas a agricultores** a fin de conocer su grado de conocimiento sobre el problema.

Tabla 1. Principales hongos productores de diferentes micotoxinas

Hongos	Micotoxinas
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas B1 y B2
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Toxina T2
<i>Fusarium graminearum</i>	Dexosivalenol y zearalenona
<i>Fusarium moniliforme (F. verticillioides)</i>	Fumonisin
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ocratoxinas
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ocratoxinas

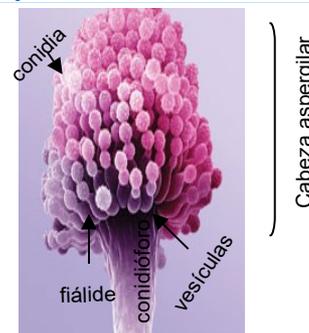


Figura 1: Estructuras microscópicas de reproducción asexual de *Aspergillus* spp. Cabeza aspergilar donde se observa el conidióforo, vesículas, fiálides y cadenas de fialoconidias



Figura 2: granos de maíz con *Aspergillus*

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

2.- Micotoxinas y Aflatoxinas: efectos sobre la salud y tipos de aflatoxinas

Efectos sobre la salud

Hay distintas **vías de contaminación** por micotoxinas con efectos sobre la salud humana y animal, en concreto las aflatoxinas: por ingestión de comidas contaminadas, o por inhalación o absorción cutánea (ocasionalmente debido a exposición laboral).

El **órgano más afectado** es el **hígado** (Figura 3), seguido por riñones y sistema nervioso (donde se acumulan). Estas sustancias induce tumores y disminuye la eficiencia del sistema inmunitario. En los animales se observa disminución de la transformación del alimento en carne (Figura 4 y 5), huevo o leche. Pueden llegar a producir la muerte.

Ningún animal es inmune a los efectos tóxicos agudos de las aflatoxinas, aunque los **humanos son muy tolerantes** y raramente padecen aflatoxicosis aguda

Tipos de aflatoxinas

La **aflatoxina B1** es considerada la más tóxica y por tanto la más regulada. Aunque la presencia de *Aspergillus* en productos alimentarios no significa niveles dañinos de aflatoxinas, sí implica un riesgo significativo al consumir ese producto.

La **designación de aflatoxinas B1 y B2** se debe a que, expuestas a luz ultravioleta, exhiben una fluorescencia azul (blue) (Figura 6), mientras que las aflatoxinas G1 y G2, muestran una fluorescencia amarilla verdosa (green).

El **ganado lechero**, cuando ingiere la aflatoxina B1 la metaboliza y la transforma en aflatoxina M1 que, en elevadas concentraciones, puede también ser cancerígena.



Figura 3. Daño agudo del hígado por aflatoxicosis aguda



Figura 4. Aflatoxicosis en cerdos: reacciones alérgicas, trastornos reproductivos e inmunológicos, menor desarrollo de los animales



Figura 5. Ave con síntomas de aflatoxicosis



Figura 6. Fluorescencia emitida por colonias de *A. flavus* expuestas a luz ultravioleta

3.-Aspergillus en el grano de maíz: síntomas y condiciones para su desarrollo

Síntomas de *Aspergillus* en el grano

La podredumbre causada por *Aspergillus* aparece como un polvo de color verde oliva o verde grisáceo (Figura 7), propagándose tanto en la punta de la mazorca como a lo largo de sus zonas lesionadas (Figura 8)



Figura 7. Esporas de color verde amarillento que con el tiempo se vuelven de color verde oscuro a pardo.



Figura 8. Esporas de color verde de aspecto polvoriento por toda la mazorca

Condiciones para el desarrollo de *Aspergillus* y la producción de aflatoxinas

Respecto a las **temperaturas**, el rango de crecimiento de este hongo está entre 8 y 55°C, siendo su óptimo 36-38°C y de 25-35°C para la producción de aflatoxinas. A temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 45°C no se producen micotoxinas.

La **humedad relativa** mínima para su desarrollo es de un 85%, sin límite por encima.

Los hongos utilizan el **vapor de agua** presente en el espacio **intergranular**, cuya concentración está determinada por el equilibrio entre el contenido de humedad del grano y la humedad de su zona exterior adyacente, en contacto con el grano. Este factor se denomina **actividad de agua** (aw), siendo su óptimo para la formación de aflatoxinas 0,82-0,99.

La **fente de inóculo** principal se encuentra en las esporas depositadas en diversos sustratos orgánicos (restos de cosecha, de malas hierbas, granos deteriorados, tejidos animales etc.).

Es un hongo débil y mal competidor, por ello invade con más facilidad a las plantas sometidas a situaciones de estrés, ya que son su fuente de agua, presentando más severidad.

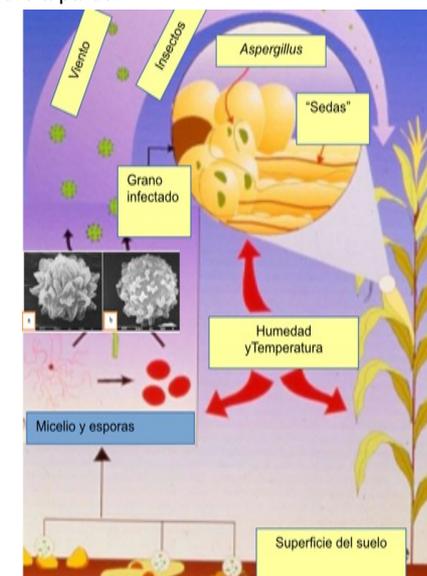


Figura 9. Infección del maíz por *Aspergillus* en el campo. Modificado de Payne, 1998. a y b: esporas de *A. parasiticus* y *A. flavus* respectivamente.

3.-*Aspergillus* en el grano de maíz: síntomas y condiciones para su desarrollo

Causas de la contaminación de *Aspergillus* en el grano

a) Estrés climático, nutricional e hídrico. Estado fisiológico y órganos de entrada

La infección en campo tiene lugar desde la aparición de las sedas hasta la cosecha (periodo crítico).

Antes de la cosecha, el riesgo para la producción de aflatoxinas es mayor en condiciones de escasez de agua, por disminución de la humedad y aumento de la temperatura, incrementando el número de esporas de *Aspergillus* en el aire. En Andalucía, donde el maíz se siembra en regadío (Figura 10), situaciones de estrés de riego incrementan el riesgo de ataque de estos hongos. Estas condiciones durante la fase de llenado y maduración del grano (Figura 11) junto con los daños causados por los insectos y pájaros que atacan a la mazorca favorecen el desarrollo de estos hongos. *Aspergillus* también infecta a la planta a través de las “sedas”.

b) Granos dañados o partidos

El grano entero presenta un nivel inferior de presencia de aflatoxinas que el grano partido o dañado (Figura 12), y la presencia de la toxina puede variar según la profundidad con que se tome la muestra en el almacén. Actualmente, en colaboración con las Cooperativas se está estudiando la influencia de la profundidad, almacén, silo o granos partidos en los niveles de aflatoxinas

c) Deficientes condiciones de cosecha y almacenamiento

Por el contrario, durante la fase de post-cosecha y almacenamiento, la proliferación de *Aspergillus* y la producción de aflatoxinas se puede aumentar al cambiar las condiciones de temperatura y humedad. Debido a que la contaminación e intoxicación por aflatoxinas puede deberse a la exposición laboral (inhalación) y que por ingestión las personas (ingestión de leche) y animales (a través del consumo de piensos) pueden verse gravemente afectados, siendo muy importante que los productores ganaderos controlen los niveles de aflatoxinas en el maíz al recibirlo y durante el almacenamiento.

Actualmente se está trabajando en desarrollar variedades de maíz con alta tolerancia a *Aspergillus* mediante métodos de mejora genética.



Figura 10. Maíz cultivado en regadío en Alcalá del Río (Sevilla)



Figura 11. Mazorca en fase de llenado y maduración del grano. Sedas de la mazorca como posible vía de entrada de *Aspergillus*



Figura 12. Granos partidos o dañados y granos enteros de maíz.

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

4.-Normativa sobre aflatoxinas

La normativa europea contempla los **niveles máximos** de aflatoxinas permitidas en alimentación según el destino del producto (Tablas 1 y 2). Los contenidos máximos permitidos para el maíz destinado a **alimentación humana** son significativamente inferiores a los destinados a alimentación animal, estando regulados los contenidos máximos de las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 (Tabla 1).

Esta normativa es armonizada, de **aplicación** por igual en todos los estados miembros de la UE. En Andalucía contamos con el Plan Integral de Vigilancia y Control de Aflatoxinas (PIVCA), donde se refleja dicha normativa además de algunas especificaciones metodológicas, de procedimiento y de control.

A nivel europeo, hasta la fecha, en los **piensos y materias primas** para la alimentación animal solo se han establecido contenidos máximos de aflatoxinas B1, siendo los umbrales más rigurosos para el ganado lechero (Tabla 2).

En leche, la normativa regula el contenido máximo nivel permitido en Aflatoxinas M1.

Tabla 1. Contenidos máximos de aflatoxinas en maíz (13% humedad) para alimentación humana.

Producto	Contenido máximo Aflatoxinas (µg/kg)	
Maíz y arroz antes del consumo humano directo o de su uso como ingrediente en los productos alimenticios	B1	5
	B1+B2+G1+G2	10
Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad	B1	0,1
Alimentos dietéticos destinados a usos médicos especiales dirigidos específicamente a lactantes	B1	0,1

Tabla 2. Contenidos máximos de aflatoxinas en maíz (13% humedad) para alimentación animal.

Aflatoxina B1 (Reglamento (UE) n.º 574/2011)	Contenido máximo Aflatoxinas (µg/kg)
Materias primas para piensos.	20
Piensos complementarios y completos excepto:	10
- Ganado lechero y aves de corral jóvenes	5
- Ganado de carne	20
Aflatoxina M1 (Reglamento (UE) n.º 165/2010)	Contenido máximo Aflatoxinas (µg/kg)
Leche cruda, leche tratada térmicamente y leche para la fabricación de productos lácteos	0,05

Nota: Los contenidos máximos de aflatoxinas se expresan en: µg/kg de maíz al 13 % de humedad, 1mg (mg)=1.000 µg; y en partes por billón (ppb). Hay que tener en cuenta que: 1 billón (USA)=1.000 millones; en cambio 1 billón (ESPAÑA) =1.000.000 de millones. En las publicaciones técnicas se usa el billón americano, de modo que 1 ppb de un kg es igual a 1 µg. Para evitar posibles confusiones, en esta publicación la unidad empleada es µg/kg.

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

4.-Normativa sobre aflatoxinas

El **Reglamento UE 2015/1940** posibilitó a las empresas adquirir maíz con contenidos máximos en aflatoxinas superiores a los establecidos en el **Reglamento CE1881/2006** para los cereales no elaborados, reduciéndolos mediante limpieza y separación de granos partidos.

Durante la **recepción y almacenamiento**, las cooperativas suelen realizar autocontroles, mediante detecciones y cuantificaciones con kits rápidos y cromatografía líquida de alta precisión (HPLC), según exigencias de los compradores, aunque no es obligatorio. Sin embargo, La normativa establece un muestreo obligatorio al comprador.

La **distribución y el número de granos infectados** en la mazorca es muy variable (Figura 13). Si la cantidad de aflatoxinas de un solo grano es muy alta (400.000 µg/kg), con pocos granos se causa aflatoxicosis.

Debido a esta **presencia dispersa del hongo**, la toma de muestra se convierte en una tarea compleja. Por ello, los resultados analíticos de varias submuestras (de una misma muestra) pueden dar valores significativamente diferentes.

En resultados obtenidos en el laboratorio del Centro IFAPA Las Torres, se ha podido observar que cuando la muestra se pulveriza y después se hacen las submuestras de la misma, los resultados son significativamente menos variables y mas representativos de la muestra original.

El **reglamento 401/2006CE** establece los métodos de muestreo, que es un paso crítico, y de análisis (criterios y recomendaciones) para el control oficial del contenido máximo de aflatoxinas, estableciendo que la toma de muestras debe ser sistemática, representativa, aleatoria y repetitiva (Tabla 3).

Tabla 3. Periodicidad de las muestras obligatorias en el ámbito de la alimentación animal (según el PIVCA)

Producto	Periodicidad
Maíz, ensilado de maíz y piensos compuestos destinados a animales de producción láctea	1 muestra cada 500 toneladas comercializadas
Maíz, ensilado de maíz y piensos compuestos no destinados a animales de producción láctea y resto de productos para alimentación animal	Según muestreo recogido en el APPCC y verificado por la autoridad competente



Figura 13. Distribución variable de los granos de maíz infectados en una mazorca



Figura 14. Detección y cuantificación de aflatoxinas por HPLC

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

5.- Definiciones de: Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas y Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) en almacén

Un **Diagrama de Flujo del Producto (DFP)**: descripción visual de las fases implicadas en el proceso que sigue el maíz grano, desde el campo hasta su consumo (humano o animal), y la relación secuencial entre ellas. Los símbolos gráficos del diagrama están unidos entre sí con flechas que indican la dirección del flujo. En este trabajo la secuencia va desde el campo hasta la salida del grano de maíz de la Cooperativa hacia la fábrica de Pienso.

Una vez realizado el diagrama, se elabora un **Plan de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC)** que identifica, recopila, evalúa los peligros más importantes para la inocuidad de los alimentos y las condiciones que los originan para un mayor control, con el fin de evitarlos. Solo los peligros considerados inaceptables pasan a ser evaluados en este sistema. En nuestro estudio, el peligro consiste en la aparición y desarrollo de aflatoxinas.

APPCC es un sistema estructurado de gestión de la calidad que controla los alimentos (maíz grano), desde el campo hasta su consumo final mediante las buenas prácticas agrícolas (BPA), las buenas prácticas de recepción (BPR), las buenas prácticas de almacenamiento (BPAL) las buenas prácticas de fabricación (BPF) y las buenas prácticas de higiene (BPH), entre otras. Es un elemento clave de la Gestión de la Calidad Total (GCT). En el caso del maíz abarca desde el campo hasta el consumo de productos alimenticios, pasando por los almacenes de grano, intermediarios, transporte, importaciones, fábricas de piensos, ganaderos, etc.

Aunque el Sistema APPCC se ideó como una metodología para asegurar la inocuidad de los alimentos tanto en el sector agrícola como el de la elaboración, se ha aplicado básicamente, hasta ahora, en este último. Sin embargo en nuestro estudio hemos elaborado un APPCC que incluye el proceso de producción en campo.

Un **punto crítico de control (PCC)** es una fase en la que puede aplicarse un control, esencial para prevenir o eliminar un peligro o para la reducción a un nivel aceptable.

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

5.- Definiciones de: Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas y Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) en almacén

Para nuestro análisis, se ha tenido en cuenta el funcionamiento de varias cooperativas, evaluando el riesgo en las etapas de campo, recepción, y almacenamiento/expedición.

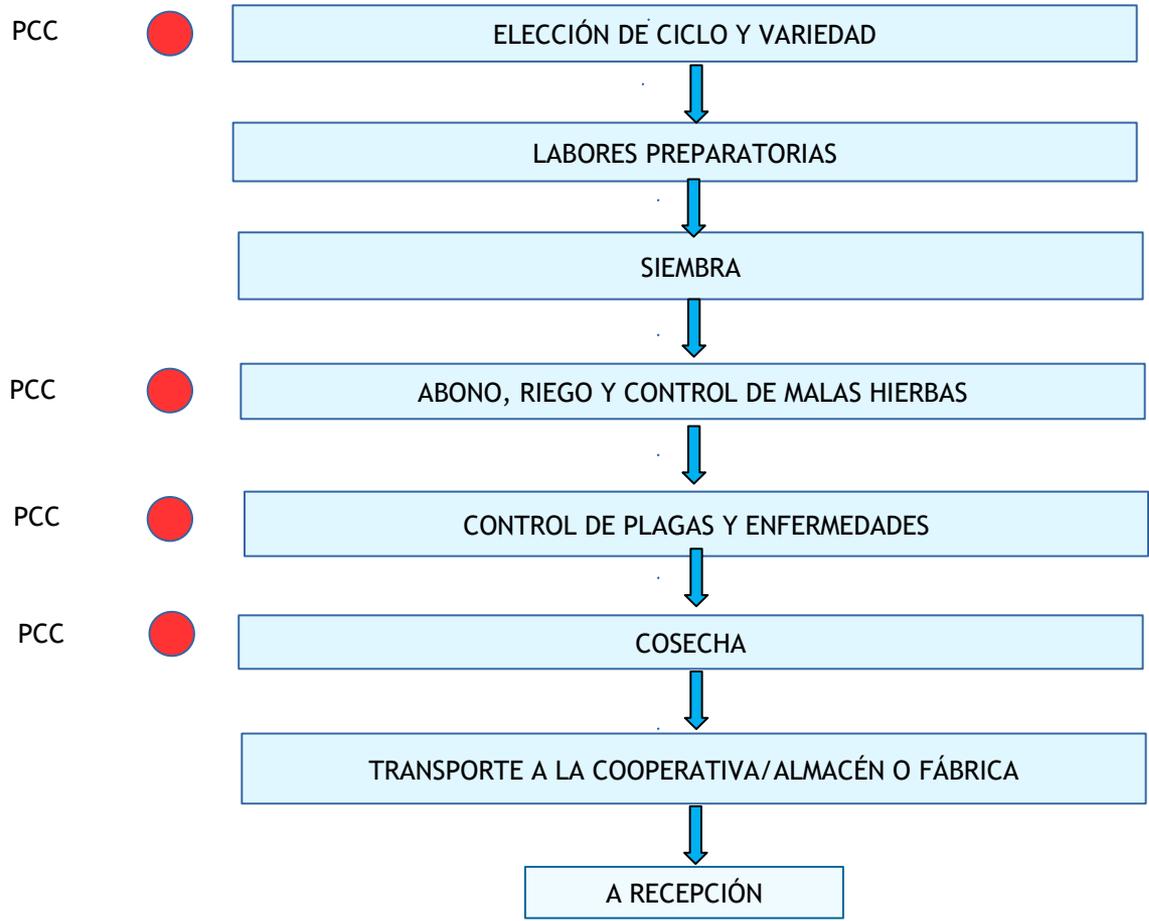
Cada cooperativa tiene un funcionamiento diferente y unas prioridades que les hacen identificar y evaluar parámetros distintos, por lo que se ha realizado un análisis estándar de puntos críticos. En algunos casos, el control de aparición y desarrollo de aflatoxinas es más exhaustivo que en otros, estableciéndose límites más o menos exigentes así como un mayor o menor número de puntos de vigilancia y control, con sus correspondientes medidas correctoras.

Para la **elaboración del sistema APPCC** se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Peligro objeto de estudio de cada etapa:** aparición y desarrollo de aflatoxinas en el maíz y los factores que le afectan.
- **Medidas de control:** Actividades o medidas que pueden aplicarse para prevenir o eliminar un peligro buscando la inocuidad de los alimentos (maíz para pienso) o su reducción a un nivel aceptable.
- **Medidas correctoras:** Las que hay que adoptar cuando la vigilancia de los puntos críticos indican un control deficiente. Son medidas de contingencia en el caso de sobrepasar el límite crítico establecido por ley o por la cooperativa.
- **Responsable:** Personal encargado de evitar y diagnosticar el peligro en cada etapa del proceso, además de llevar a cabo de forma correcta las medidas de contingencia.
- **Frecuencia (Frec):** Probabilidad de ocurrencia del peligro. Se clasifica en Baja- Media- Alta.
- **Severidad (Sev):** Grado de importancia o gravedad que puede tener el peligro en cada una de las fases. Se clasifica también en Baja- Media y Alta.

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

6.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC durante el cultivo



6.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC durante el cultivo

Buenas Prácticas agrícolas (BPA)

1) Elección de Ciclo y Variedad.

El ciclo FAO debe de ser el adecuado a la zona de cultivo, para cosechar con bajos contenidos de humedad en el grano y evitar las primeras lluvias.

Actualmente, existen variedades de maíz con distintos grados de susceptibilidad a *Aspergillus*. Variedades con cierta tolerancia a otros hongos que atacan al maíz, como *Fusarium* y *Cephalosporium*, disminuyen ligeramente, de forma indirecta, el ataque de *Aspergillus*, favorecido por la debilidad en la planta así como por los daños en mazorca (vías propicias para la penetración de enfermedades). Las variedades transgénicas Bt (tolerantes a “taladros”) disminuyen los daños en mazorca y por tanto la severidad de los ataques de hongos.

2) Labores preparatorias.

Dar un excesivo número de “pases” de labor, especialmente en suelos muy húmedos, favorece el desarrollo de los hongos del suelo, como *Fusarium* y *Aspergillus*. Es recomendable la destrucción de restos de cultivo, retirada o labor profunda de incorporación. La rotación de cultivos tiene un cierto efecto beneficioso, aunque limitado, contra el desarrollo de dichas especies de hongos.

3) Siembra.

Realizar la siembra en las fechas apropiadas en la zona, para la variedad elegida. La siembra temprana, en general, disminuye el riesgo de ataques de “taladros” y adelanta la fecha de cosecha, disminuyendo el riesgo de que ocurra en época de lluvia, que conllevaría un incremento indeseable de la humedad del grano cosechado



Figura 15. Variedades de maíz



Figura 16. Labores preparatorias



Figura 17. Siembra de Maíz

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

6.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC durante el cultivo

4) Abonado y Riego.

Buenas Prácticas agrícolas (BPA)

Un abonado, temperaturas no muy altas y riego **racional** evita la susceptibilidad al ataque de hongos productores de aflatoxinas, como *A. flavus* y *A. parasiticus* (Figura 18).

Mantener el suelo con una **humedad cercana a capacidad de campo**, especialmente desde un mes antes de floración hasta la madurez fisiológica (alrededor del 32% de humedad del grano).

5) Control de Plagas y Enfermedades.

Realizar prácticas agronómicas que controlen los daños en mazorca producidos por insectos, especialmente de orugas, para reducir el ataque de *Aspergillus* (Figura 19).

6) Cosecha.

A ser posible, cosechar con **baja humedad de grano**, no superior al 14-15%, evitar los **granos partidos e impurezas** (Figura 20).

Es conveniente que los agricultores y técnicos sepan **identificar los síntomas** causados por las diversas enfermedades que atacan al maíz. Si se detectan zonas en el campo con plantas con síntomas de enfermedad en mazorca, **prospectar en las áreas más afectadas y enviar muestras para el análisis de aflatoxinas**. Separar las mazorcas manifiestamente enmohecidas. Puede ser conveniente **cosechar de forma separada** las parcelas sometidas a estrés hídrico o con síntomas de ataque de *Aspergillus*.

7) Transporte a Cooperativa/Almacén/Fábrica.

Es recomendable la **limpieza de la cosechadora** (impurezas, granos partidos, insectos y roedores) y de cualquier medio de transporte de grano desde el campo hasta el lugar de recepción, aislándolos también de la humedad (contenedores herméticos, cubiertas de lonas alquitranadas, etc.). Comprobar que los transportistas tienen establecido un protocolo de limpieza y desinfección y evitar que no se dilate el **tiempo entre la cosecha y la entrega del grano** en recepción y almacenamiento.



Figura 18. Abonado y riego en maíz



Figura 19. daño de plagas en el grano



Figura 20. Cosechadora de maíz



Figura 21. Almacenaje del grano

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

6.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC durante el cultivo

Tabla 4. Análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) en campo (orientativo)

Fase del proceso	Peligro	Medidas de control	Medidas correctoras	Responsable	Frecuencia	Severidad	Documento de registro
Ciclo de la variedad y fecha de siembra	- Incremento de aflatoxinas	- Sembrar variedades tolerantes a <i>Aspergillus</i>	Formación de agricultores y técnicos	Agricultor y técnicos	- Baja	- Media	- Cuaderno de explotación
	- Mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades	- Elegir el ciclo adecuado a la zona					
	- Cosecha tardía con excesiva humedad en el grano	- Siembra lo mas temprano posible					
Abonado y riego	- Presencia posterior de aflatoxinas - Estrés hídrico, nutricional o climático	- Plan racional de riegos y abonado	- Inspección en campo	Agricultor y técnicos	- Baja	- Media	- Cuaderno de explotación
Control de plagas y enfermedades	- Presencia posterior de aflatoxinas	- Control integrado de plagas y enfermedades	- Inspección en campo	Agricultor y técnico	- Media	-Media /Alta	- Cuaderno de explotación
	- Ataque en mazorca de plagas (<i>Ostrinia nubilalis</i> y <i>Heliothis armigera</i>), y enfermedades (<i>Fusarium</i> y <i>Aspergillus</i>)	- Uso de variedades transgénicas Bt con resistencia a plagas	- Desechar mazorcas visiblemente contaminadas con hongos				
		- Fecha adecuada de siembra - Tratamientos fitosanitarios	- Formación técnica a agricultores y técnicos				
Cosecha, transporte y recepción	- Presencia posterior de aflatoxinas	- Adecuada humedad del grano (muy importante)	- Cosechar separadamente áreas con ataque de <i>Aspergillus</i>	- Agricultor	- Media	- Alta	- Registro maquinista / transportista
	- Roturas de grano	- Incentivar económicamente la humedad adecuada en el grano	- Limpieza, secado y cribado del grano (si es necesario)	- Técnico			
	- Demora de tiempo desde cosecha hasta la recepción	- Minimizar la rotura de grano con la cosechadora	- Inspección y evaluación en campo	- Maquinista			
		- Vehículo de transporte limpio y seco	- Formación técnica a agricultores y técnicos	- Transportista			
		- Minimizar el tiempo de transporte desde el campo a la recepción en almacén					

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

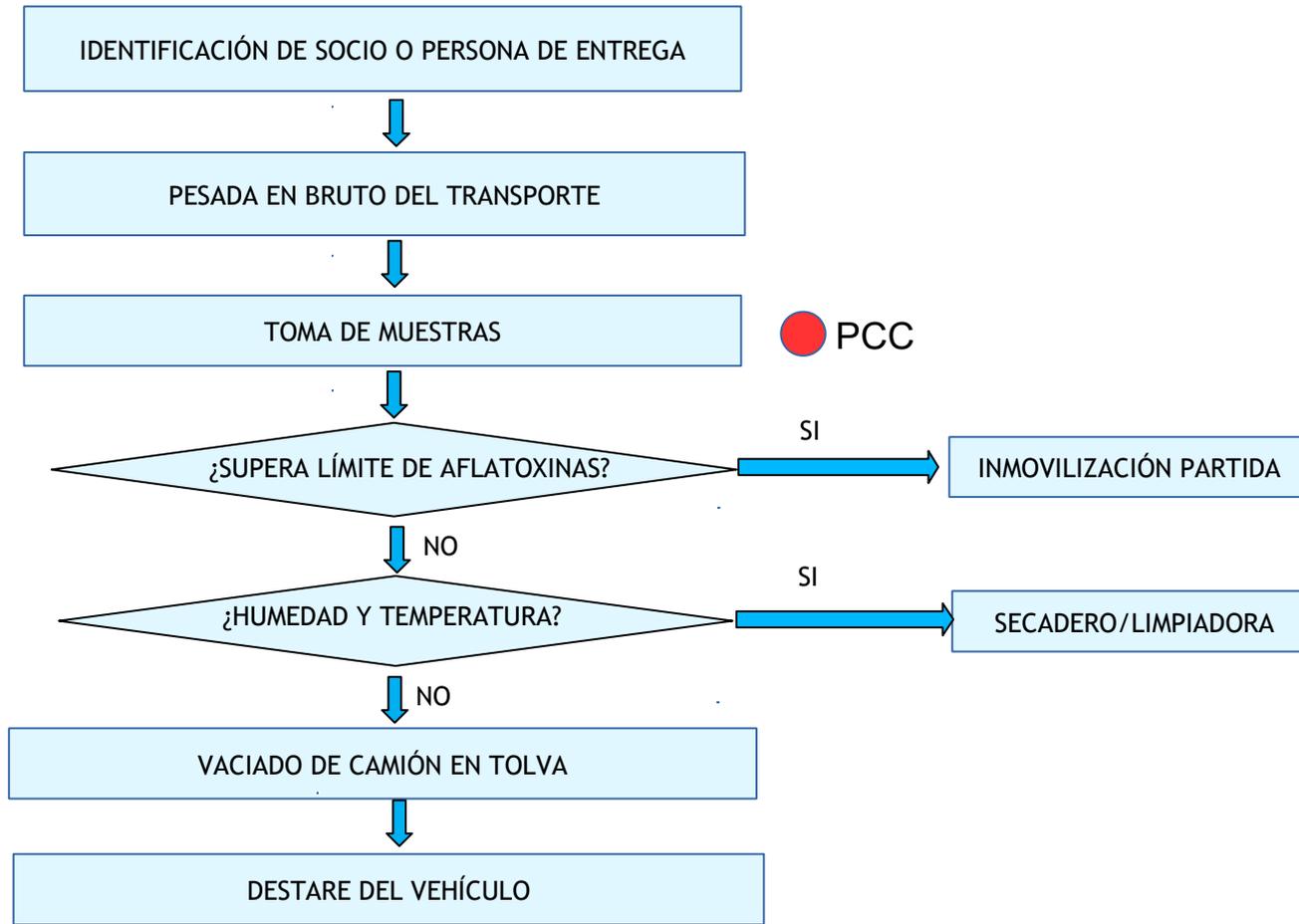
Consideraciones y comentarios

- Novedad de este trabajo:

- La elaboración de un Diagrama de Flujo del maíz en Campo y APPCC, destacando las prácticas de cultivo críticas para el control de *Aspergillus*
- Entre los resultados obtenidos se observa que en la campaña 2017, los niveles de ataque de *Aspergillus* spp. así como los contenidos en aflatoxinas en grano almacenado han sido bajos debido principalmente a que se llevó a cabo una siembra temprana, riegos adecuados, poca presión de insectos y la cosecha se realizó con una adecuada humedad del grano. En el 2018, debido posiblemente al aumento de las precipitaciones, se redujo la incidencia de *Aspergillus* en campo y de aflatoxinas en el grano cosechado
- Visitas de campo y entrevistas agricultores mediante su distribución en cooperativas muy representativas de Andalucía han constatado:
 - Falta de conocimiento y de control sobre la aparición y evolución de dicho hongo
 - El agricultor no suele separar las mazorcas contaminadas del resto ni cosecha por separado zonas con distinto nivel de contaminación por hongos
 - Es mejorable la regulación de la cosechadora con el fin de minimizar el porcentaje de granos partidos
 - Algunas Cooperativas, en años propensos al desarrollo de la enfermedad, envían a sus Técnicos a algunas explotaciones a fin de recabar información sobre el posible grado de infección y las labores de cultivo llevadas a cabo. Estas visitas, poco frecuentes, se suelen realizar unos 10 días antes de la cosecha.

- **La Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible**, para conocer la posible presencia de Aflatoxinas en parcelas de maíz, dentro del marco del Plan Integral de Vigilancia y Control de Aflatoxinas (PIVCA), ha implementado un procedimiento de vigilancia en campo consistente en la realización de visitas, identificación de determinadas prácticas agronómicas realizadas por los agricultores y toma de muestras en distintas zonas productoras de maíz de la comunidad. Se contempla una actuación por cada 1000 ha de cultivo de maíz. Se trata de un sistema de vigilancia y alerta temprana.

7.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC en cooperativas



Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

7.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC en cooperativas

1. Identificación del socio o persona de entrega.

En general, las cooperativas reciben todo el maíz de los socios y según la capacidad de almacenaje admitirán también maíz de los no socios. Antes de aceptar la carga, los transportistas recogen en recepción un número de orden, y se comprueba que el transportista está registrado según reglamento CE 183/2005, y debe entregar la Declaración de la PAC o el número de socio del agricultor (si no fuera socio se le da de alta en ese momento en el sistema). Si llega la hora de cierre de la cooperativa, se dejará el camión/remolque estacionado en el aparcamiento y será el guarda el que se encargará de organizar el orden de entrada para el día siguiente.

2. Pesada en bruto de transporte y toma de muestras.

Una vez aceptada la carga, se pesa el vehículo generándose un ticket de báscula y un albarán de entrada. Posteriormente se toman las muestras del interior del vehículo en diferentes puntos, normalmente tres “pinchazos” con una pica, obteniendo un total de 1 kilo, independientemente de la cantidad de carga del transporte, para determinar la **humedad del grano** (el máximo admitido depende de la cooperativa y oscila entre un 14% y un 17%), el peso específico del maíz y a veces el **contenido de aflatoxinas**. Si el porcentaje de humedad es alto, se rechaza la partida o se envía al **secadero**, siendo importante revisiones periódicas del “mechero” así como evitar cualquier foco de contaminación. Si la humedad no es alta no es necesario usar combustible para su secado, evitándose la contaminación por dioxinas (el límite crítico según la legislación será de 0,5 ppm). Si el almacenista decide **cribar y limpiar** el maíz, reflejará en el albarán de entrada el % de pérdida que representa.

A decisión de la cooperativa y teniendo en cuenta las condiciones climáticas del año, puede realizar un **autocontrol de aflatoxinas** en maíz, de todos o sólo de algunos vehículos recepcionados.

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

7.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC en cooperativas

3. Vaciado del camión en tolvas

Antes de vaciar el grano en la tolva, pueden esperar los resultados de los análisis de aflatoxinas B1 por kit rápido (Figura 22) para clasificar en lotes con niveles de Aflatoxinas $< 5 \mu\text{g}/\text{Kg}$ o en lotes con niveles $> 5 \mu\text{g}/\text{Kg} - 20 \mu\text{g}/\text{Kg}$. Si no pueden esperar, como no es obligatorio separar en lotes, hacen el volcado antes de conocer los resultados (Figura 23).

Las muestras pasan a formar parte de la **muestroteca**, donde estarán al menos un mes, aunque por regla general, se mantienen durante un periodo más largo.

Una vez obtenidas las muestras y recepcionado el maíz, se indica su destino en el albarán y el transportista se dirige a la zona correspondiente entregando al almacenista la documentación facilitada.

El almacenista, según las características y calidad del grano ó si es ó no **OGM**, decide dónde se almacena y en qué tolva se procede a descargar. Si cumple los requisitos, firma el albarán para que el transportista pueda volver a recepción. Los dígitos de cada lote para seguir su trazabilidad son:

Lote XX-YY-00: Cada letra va seguida del número del Silo (S)/Nave (N)/ Paraguas (P) al que se destina (Por ejemplo S2, es decir se almacena en el silo nº2) 00 son los dos últimos dígitos de cada campaña

XX indica el tipo de maíz:

MA2 - Maíz de 2ª cosecha

MA - Maíz 1º cosecha

MT - Maíz transgénico

YY Indica el silo o almacén de destino:

4. Destare del vehículo.

Una vez se sabe dónde se va a almacenar, el responsable de almacenamiento anota en el albarán de entrada el lugar de almacenamiento y lo firma, el transportista se dirige de nuevo a la zona de recepción donde se vuelve a pesar el camión, esta vez en neto, generándose el ticket o albarán de salida. Destarado el vehículo y completado el albarán de salida se finaliza el proceso de recepción, pudiendo el vehículo abandonar la cooperativa.

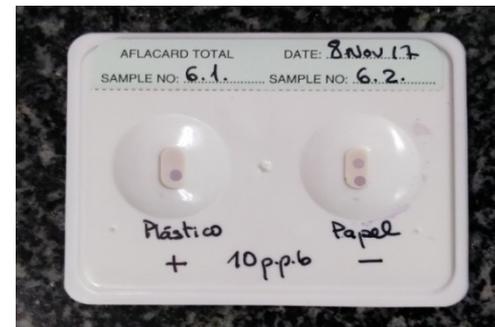


Figura 22. Kit de tarjeta para la detección rápida de aflatoxinas B1



Figura 23. Traslado del grano en el almacén

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

7.- Diagrama de Flujo, Buenas Prácticas agrícolas (BPA) y Sistema APPCC en cooperativas

Tabla 5: Análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) en recepción en la cooperativa (orientativo o de referencia)

Fase del proceso	Peligro	Medidas de control	Medidas correctoras	Responsable	Frecuencia	Severidad	Documento de registro
<ul style="list-style-type: none"> •Recepción del maíz: 	<ul style="list-style-type: none"> •Presencia de aflatoxinas y riesgo de incremento por: 	<ul style="list-style-type: none"> •Control previo en campo: 	<ul style="list-style-type: none"> •Llevar a secadero cuando la humedad es > 15-16%, revisando que las dioxinas no superen las 0,5 ppm por cada 500 kg 	- Recepcionista/Responsable de calidad	- Media	- Alta	- Albarán de entrada
<ul style="list-style-type: none"> - Pesada - Toma de muestras - Secado 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta temperatura y humedad del grano - Granos partidos o fisurados - Impurezas y residuos en la carga - Realizar la toma de muestras no representativa 	<ul style="list-style-type: none"> - Buenas prácticas agrícolas - Revisión del cuaderno de campo - Siembra temprana - Compra de maíz a vendedores homologados - Muestreo representativo - Rechazar partidas con niveles superiores a 20 µg/Kg - Detectar granos dañados, impurezas, plagas y enfermedades - Control de la temperatura y humedad del grano - Formación del personal responsable en recepción 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza y revisión del secadero, incluido “el mechero” - Limpieza y cribado del grano 				<ul style="list-style-type: none"> - Ticket de báscula - Boletines de análisis - Registro de humedad a la salida del secadero - Muestroteca

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

Consideraciones y comentarios

Después de las buenas prácticas agrícolas (BPA), hay que realizar buenas prácticas de recepción (BPR) para su almacenaje. Tras visitar y entrevistar a Agricultores y Técnicos de Cooperativas, se exponen algunas consideraciones sobre la recepción de grano de maíz para minimizar el riesgo de contaminación por *Aspergillus*:

- El tiempo transcurrido entre la cosecha y la recepción del grano debe de ser el más corto posible, especialmente con humedad superior al 14%. En las Cooperativas andaluzas, no supera las 48 horas (Figura 24).
- **Secar el maíz** hasta que su contenido de humedad no permita la proliferación de *Aspergillus*. Algunas Cooperativas, a veces, secan al aire libre el maíz amontonado antes del almacenamiento, pero considerando la humedad y temperatura ambiental y la duración de dicho secado para evitar la contaminación.
- Los **maíces de segunda cosecha** son más susceptibles a los daños por insectos (*Ostrinia nubilalis* “Taladro” y *Heliothis*) y cosechados con un mayor porcentaje de humedad en grano
- **Realizar autocontroles** voluntarios internos de aflatoxinas en recepción, especialmente en campañas en las que haya sospecha de contaminación de maíz recolectado
- Las exigencias comerciales de los compradores por un maíz de calidad elevan el nivel de autocontrol a las Cooperativas.
- Otra inquietud transmitida por los Técnicos de las Cooperativas es el conocimiento sobre la **forma más idónea de conservación de las muestras en muestroteca** para no favorecer el desarrollo de *Aspergillus* y alterar resultados de posibles muestreos de inspección.
- Por recomendación del recepcionista o almacenista, **limpiar y cribar el grano** (Figura 25), para disminuir el contenido en aflatoxinas. Se están llevando a cabo estudios para cuantificar las citadas diferencias.



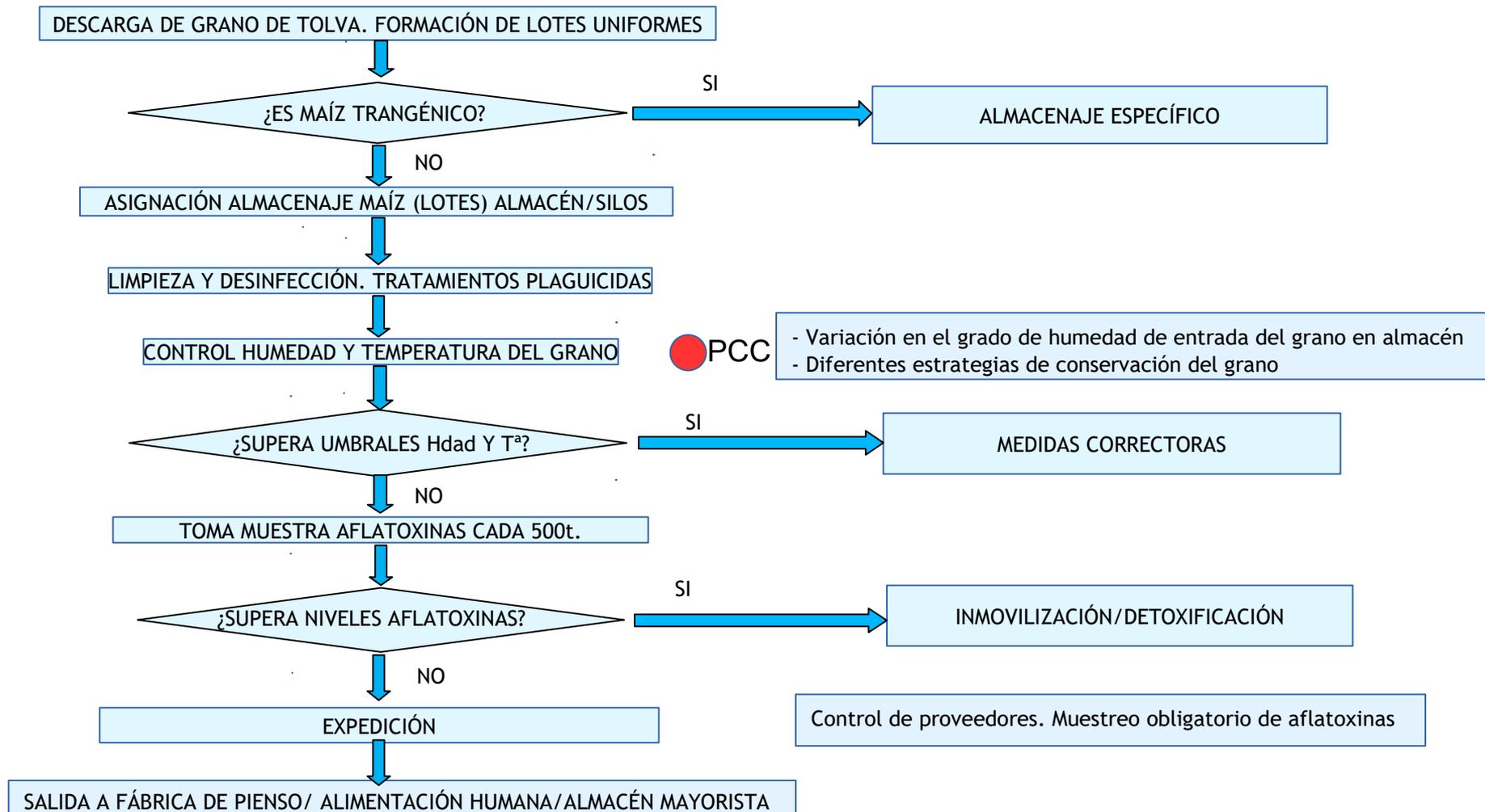
Figura 24. Camiones esperando en recepción de la cooperativa



Figura 25. Impurezas que deben eliminarse en el grano antes de ser almacenado

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

8.- Diagrama de Flujo y APPCC en Almacén



Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

8.- Diagrama de Flujo y APPCC en Almacén

1. Descarga de grano de tolva. Formación de lotes uniformes

- Los vehículos autorizados pasan a la zona de descarga.
- Según el albarán de entrada y bajo el criterio del almacenista, la partida de maíz se volcará en una determinada tolva.
- Es frecuente que los lotes de maíz se almacenen teniendo en cuenta su contenido en aflatoxinas.
- Los lotes se formarán cuando las partidas lleguen a alrededor de las 250 t.

2. Asignación almacenaje maíz (lotes) almacén/silos

- El maíz se suele almacenar en naves o celdas acondicionadas o silos, para ubicar separadamente los distintos lotes, dependiendo de características como: peso específico, % de humedad en grano, transgenia, contenido en aflatoxinas aunque no siempre (niveles entre 0 y $< 5 \mu\text{g}/\text{kg}$ y entre > 5 y $20 \mu\text{g}/\text{kg}$), destinos como la industria alimenticia (con mayores exigencias de calidad), tipo de comercialización con sus correspondientes medidas de conservación (envasado, a granel, almacenaje de larga duración...).

3. Limpieza y desinfección. Tratamientos plaguicidas

- Los **almacenes** deben estar **herméticos** a la entrada de insectos, roedores y pájaros así como el agua de lluvia.
- Debe llevarse a cabo un **plan de limpieza y desinfección** para minimizar las fuentes de infestación y si es necesario se efectuarán los correspondientes tratamientos plaguicidas.

4. Control humedad y temperatura del grano

- Los umbrales máximos recomendables son 22°C - 24°C y sobre 14%-15% de humedad. Humedades altas exigen temperaturas más bajas y viceversa para una adecuada conservación. El seguimiento para su control se hace con sondas y si superan los máximos, tomar medidas correctoras.
- Detectar y eliminar los "focos" de granos con alta humedad y temperatura.
- Rastrillar y airear el grano almacenado, insuflando aire del exterior (con relativamente bajas temperatura y humedad) o mediante granifrigo.



Figura 26. Descarga del maíz



Figura 27. almacén de maíz



Figura 28. Plaga de almacén (Gorgojo)

8.- Diagrama de Flujo y APPCC en Almacén

5. Toma de muestras

- La frecuencia de toma de muestra depende de la Cooperativas. Influyen las condiciones de entrada del grano (% de humedad, sanidad y limpieza) y las de conservación del almacenaje (humedad relativa y temperatura del aire). Lo más frecuente es que la toma de muestra sea **trimestral** y la realice **por una empresa externa**, que se encarga de los análisis de laboratorio. Se suele tomar **una muestra cada 500 t. de grano** (Tabla 3).
- La Cooperativa no está obligada pero los hace por autocontrol o por exigencias del cliente. **Es obligatorio para los establecimientos compradores de grano** (industrias alimentarias, fábrica de piensos, etc), que realiza el **muestreo cada 250 -500 t.** comercializadas, rechazándose las partidas que superen el nivel de contenido máximo en aflatoxinas permitido.
- Las Cooperativas disponen de un **Plan de Gestión de Crisis y Retirada de Producto**: retirada/eliminación de un producto cuando es un riesgo para la salud de los consumidores , bajo las directrices de autoridades y comunicación a los clientes, salvo que se tomaran medidas correctoras (destoxificación) que rebajaran los contenidos de aflatoxinas hasta los niveles permitidos (Tablas 1 y 2). Si no se reduce el nivel de aflatoxinas por debajo de los umbrales permitidos, el grano de maíz tendría que dedicarse a otros usos como biodiesel o ser destruido.

6. Expedición de la carga

- Al llegar a la Cooperativa el camión para recoger la partida comprada bajo contrato (incluye fecha de recogida, nombre del cliente y matrícula del vehículo), se pesa y se genera un albarán de entrada que el transportista debe entregar al almacenista, el cual rellena indicando la nave/silo específico de procedencia así como el número de lote asignado a la partida a efectos de trazabilidad (**Plan de Gestión de la Trazabilidad**).
- Realizada la carga, el transportista pasa por recepción, entrega la documentación y pesa en bruto del vehículo, recoge el albarán de salida (Tablas 6a y 6b).

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

8.- Diagrama de Flujo y APPCC en Almacén

Tabla 6a: Análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) en almacén en la cooperativa (Orientativo o de referencia)

Peligro	Medidas de control (1)	Medidas de control (2)	Medidas correctoras	Responsable	Frec	Sev	Documento Registro
<p>-Aparición o aumento de nivel de aflatoxinas por condiciones de almacenamiento</p> <p>-Mezcla de diferentes maíces con cantidades de Aflatoxinas distintas que se contaminen.</p> <p>- Presencia de hongos.</p> <p>-Presencia y desarrollo de daños ocasionados por plagas.</p> <p>- Posible pérdida de trazabilidad en la mezcla de partidas.</p>	<p>- Evitar rotura de grano en su manipulación</p> <p>-Separación granos partidos (cribado)</p> <p>- Organizar partidas antes de su almacenaje.</p> <p>-Airear y rastrillar el grano durante su almacenamiento.</p> <p>- En casos necesario utilizar granifrigo.</p> <p>- Llevar control periódico de humedad y temperatura, dependiendo de la época y duración de almacenamiento.</p> <p>-Control visual de las semillas para descartar las dañadas y con enfermedades.</p>	<p>- Análisis de Aflatoxinas (auto-control) en laboratorios autorizados cada 500/250t. según su destino</p> <p>- Calibración y control de sondas de humedad y temperatura</p> <p>- Plan de mantenimiento de equipos</p> <p>- Plan de control de plagas/ Plan de limpieza e higiene</p> <p>-Formación del personal responsable</p> <p>- Identificación del producto desde la recepción con código</p> <p>- Clasificación maíz según sus características en silos independientes. Silos cerrados y almacenes aislados para evitar insectos</p>	<p>- Detoxificar (cribado) y si no es posible destruir</p> <p>- Ajustar humedad y temperatura para evitar desarrollo de enfermedades</p>	Responsable de Almacén/ Responsable de Calidad	Media	Alta	Albarán de entrada almacén. Asignación de lotes/Registro control del producto/Boletín de análisis/Registros de humedad (empresa externa)/Planes de limpieza y mantenimiento

Frec:Frecuencia
 Sev:Severidad

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

8.- Diagrama de Flujo y APPCC en Almacén

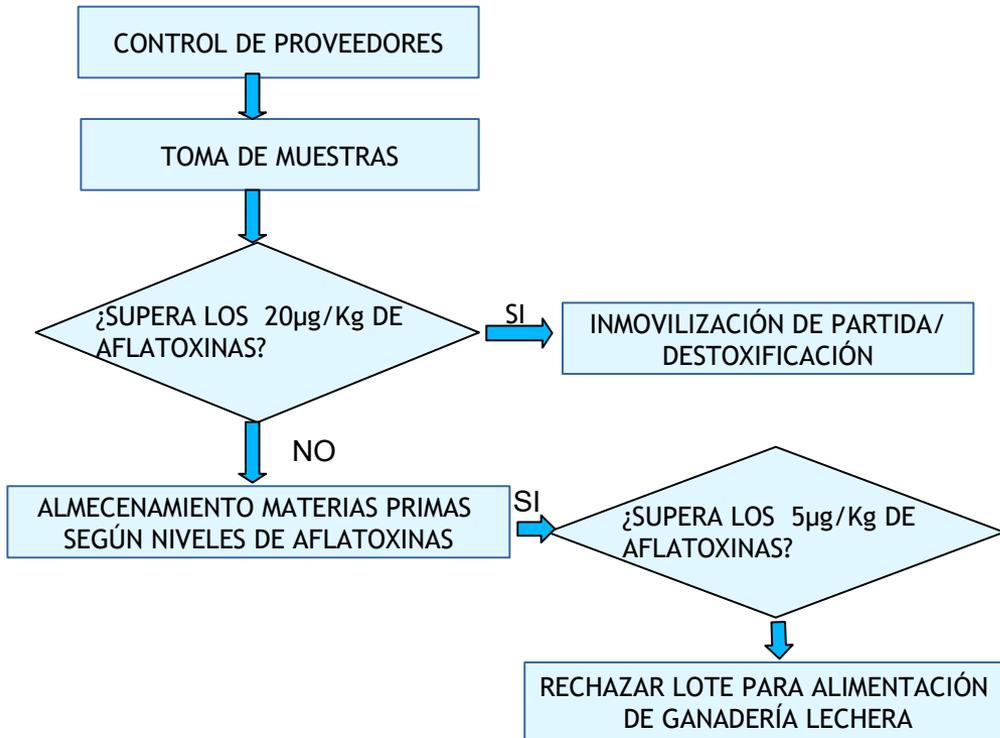
Tabla 6b: Análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) en almacén en la cooperativa. AFLATOXINAS EN MAÍZ. (Orientativo o de referencia)

Fase del proceso	Peligro	Medidas de control	Medidas correctoras	Responsable	Frec	Sev	Documento Registro
Almacenamiento/ expedición	- Presencia de aflatoxinas en el lote a comercializar. (Exceso de humedad y/o temperatura, presencia de daños e impurezas, plagas y enfermedades).	- Tomar muestra representativa de aflatoxinas a comercializar. - Plan de mantenimiento de equipos - Identificación del producto -Identificación y limpieza de transporte a utilizar.	- En caso de partidas sospechosas, realizar muestreo cada 250t. en vez de cada 500t. - Cribado y limpia del grano -Desinfectación y desinsectación - Inmovilizar carga si los resultados no son satisfactorios y corregir según parámetro.	Responsable de Almacén/ Responsable de Calidad	Baja	Alta	- Boletines de análisis/ Muestroteca/ Albarán de entrada y salida/ Documentación transporte.

Frec:Frecuencia
 Sev:Severidad

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagrama de Flujo y Sistema APPCC en Campo, en Recepción y Almacén.

9.- Diagrama de Flujo y APPCC en la entrada de la fábrica de piensos



Consideraciones y comentarios

- La mayoría de aflatoxinas presentes en los piensos procede de las materias primas recibidas, siendo de gran interés el Control de Proveedores, principal punto crítico de control (PCC)
- La fábrica de piensos realiza sistemáticamente un plan de autocontrol para garantizar la calidad de sus productos
- Otro punto crítico es la fase de granulación dentro del proceso de la elaboración
- En el ámbito **ganadero**, control de proveedores de piensos y materias primas en las explotaciones lecheras
- Evitar la contaminación por *Aspergillus*: a) programa de autocontrol (toma de muestras periódica de leche cruda) b) Actuaciones reguladas por las autoridades competentes (Plan Integral de Vigilancia y Control de Aflatoxinas reguladas por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural) y un plan de contingencias antes la detección de la aparición de las aflatoxinas M1 en explotaciones de ganado lechero
- Realizar Buenas Prácticas de Almacén (BPAL) y Buenas Prácticas Fabricación (BPF)

Aflatoxinas en Maíz Grano. Diagramas de Flujo y Sistema APPCC en Campo, Recepción y Almacén.

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Edificio de Servicios Múltiples los Bermejales

Avenida de Grecia s/n

41012 Sevilla (Sevilla) España

Teléfonos: 958 056 000 Fax: 955 519 107

e-mail: webmaster.ifapa@juntadeandalucia.es

www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

