

# HONGOS EN GRANOS Y SEMILLAS \*

## Introducción

La capacidad que tienen los hongos para utilizar diversos tipos de sustratos y la producción de una gran diversidad de enzimas, se ha utilizado ventajosamente en diversos campos de la micología industrial y biotecnológica. Sin embargo, existe un grupo de hongos, los cuales pueden perjudicar al hombre de manera directa o indirecta, ya que degradan productos que son útiles para la economía humana. Entre los hongos que afectan indirectamente al hombre se encuentran aquellos que causan enfermedades en los cultivos, así como el deterioro de productos manufacturados y de alimentación. Los hongos que lo afectan directamente son aquellos que producen compuestos tóxicos para el hombre y los animales, ocasionando micotoxicosis, micetismos y micosis, que a veces son mortales.

Los principales factores importantes para el desarrollo de los hongos en granos almacenados en bodegas son la humedad relativa y la temperatura de almacenamiento, y el tiempo en que el grano va a estar almacenado antes de que sean utilizados en la alimentación o en diversas industrias. Si estos productos no están en condiciones adecuadas de almacenamiento, en poco tiempo los hongos prosperan causando deterioro de los granos. El deterioro de éstos, no es problema que sólo se presenta cuando están almacenados, sino también en algunas ocasiones desde el campo, cosecha y transporte de los productos.

El principal factor intrínseco que gobierna la capacidad para llevar a cabo tal deterioro es la actividad de agua del sustrato. La actividad del agua ( $a_w$ )<sup>1</sup> nos indica cual es la cantidad de agua disponible para el desarrollo de los microorganismos una vez que se ha alcanzado el equilibrio en el sistema alimento/medio ambiente, y se define como la presión de vapor acuoso del sustrato dividido por la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura. La mayor parte de las bacterias requieren niveles de  $a_w$  de 0.95 para llevar a cabo un buen crecimiento y niveles

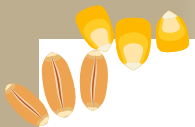


mayores de 0.98 para un crecimiento óptimo. La mayor parte de los hongos pueden crecer a niveles de  $a_w$  tan bajos como 0.65. Cuando se almacena grano en presencia de una alta humedad relativa, la toma de humedad sobre la superficie del grano aumentará el nivel localizado del valor de  $a_w$  en el cual el crecimiento del hongo será más rápido que bajo las condiciones óptimas de almacenamiento. El gradiente térmico a través del grano puede entonces hacer que la humedad emigre de un área a otra, similarmente la condensación afectará adversamente los niveles de  $a_w$ . Otro factor importante para el desarrollo de los hongos es la temperatura, la mayoría de los hongos son mesófilos y crecen a temperaturas moderadas en un intervalo de 10 a 40 °C, siendo la óptima entre 25 y 35 °C. Pocos hongos son termófilos y crecen en el intervalo de 20 a 50 °C, con una temperatura óptima de 40 °C y un límite máximo de 60 a 62 °C como *Mucor pusillus* y *Chaetomium thermophile*; algunos son termo tolerantes como *Aspergillus fumigatus*, puede crecer en un rango de 12 a 55 °C (temperatura óptima de 40 a 42 °C). Unos cuantos hongos son psicrófilos, crecen a bajas temperaturas (por debajo de 0°C) como *Fusarium nivale*. El pH es otro factor importante en el desarrollo de los hongos, generalmente son considerados más tolerantes que las bacterias a las condiciones ácidas, en el laboratorio, muchos hongos crecen en un intervalo de pH de 4.5 a 8.0 y muestran un amplio intervalo de pH óptimo de 5.5 a 7.5. Algunas especies de *Aspergillus*, *Penicillium* y

<sup>1</sup>  $a_w$  = Se refiere a la actividad de agua, es decir la cantidad de agua libre que hay en el sustrato (semillas, grano alimento) para que el hongo pueda crecer y producir las micotoxinas.

\* Dr. Ernesto Moreno Martínez. Investigador de tiempo completo. Unidad de Investigación en Granos y Semillas. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: ernestomorenom53@gmail.com.

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo. Profesor investigador del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Correo electrónico: marioe.vazquez@hotmail.com.



*Fusarium* son tolerantes al ácido, y pueden crecer en niveles de pH menores a 2.0. La mayoría de los hongos son aerobios estrictos, algunos levaduriformes y filamentosos son aerobios facultativos, y otros toleran concentraciones bajas de oxígeno y son denominados microerofilicos.

Los hongos en los granos almacenados son acarreados en dos formas: como una infección o como una infestación. La primera implica que el patógeno invada los tejidos de la planta, y se establezca en ellos; y la segunda, que el patógeno vaya como contaminante, en forma de esporas o de esclerosis, directamente sobre los granos, pero sin invadir las testas o pericarpios, o bien en residuos del cultivo y en partículas de suelo.

### Hongos que invaden granos y semillas

Todos los productos agrícolas son invadidos por diversos microorganismos durante el desarrollo del cultivo en el campo, cosecha, transporte y almacenamiento, siendo los hongos los más abundantes y la principal causa de enfermedades, ocasionando pérdidas económicas al reducir el potencial de producción de los cultivos que atacan. En cuanto a las pérdidas poscosecha de granos, las estimaciones en el ámbito mundial son del orden del 10% de la producción. Para México de un volumen de 32 millones de toneladas de maíz que el país consume actualmente, las pérdidas poscosecha estimadas en un 10 % representan miles de millones de pesos, en un solo cultivo

Los hongos que crecen sobre productos agrícolas en especial los que invaden granos durante su desarrollo, cosecha o almacenamiento, han sido clasificados desde el punto de vista ecológico por Christensen y Kauffman (1969) en hongos de campo, hongos de almacén y hongos de deterioro avanzado. En el caso de los hongos de almacén, podemos decir que son microorganismos que invaden los granos después de la cosecha, principalmente incluyen especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, que pueden crecer en humedades relativas de 65-90 %, condiciones de humedad muy frecuentes en el almacenamiento de granos. Se ha encontrado que algunas especies pueden invadir el grano desde el campo, especialmente cuando las condiciones ambientales favorecen su desarrollo. Mientras que los hongos de deterioro avanzado, como *Chaetomium*, *Rhizopus*, *Mucor*, algunas especies de *Aspergillus*, entre otros, pueden invadir los granos y otros productos si estos han sido almacenados bajo condiciones inadecuadas de humedades relativas mayores de 65 % y temperatura adecuadas para su desarrollo.

### Daños causados por hongos de almacén

Los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, a diferencia de los hongos de campo, son considerados hongos de almacén, y su principal característica es de que tienen la habilidad para invadir los granos con contenidos de humedad relativamente bajas, en cereales con contenidos de humedad mínimas del 13.0% y en oleaginosas de 8 a 9%. Estos hongos pueden crecer en un amplio rango de temperaturas. Especies de *Penicillium* crecen de 5 a 40 °C, y las de *Aspergillus* de 0 a 55 °C. Con pocas excepciones, los hongos de almacén infectan los granos antes de la cosecha, una de estas excepciones, y desafortunadamente de gran importancia, es la invasión de maíz por el hongo *Aspergillus flavus*, productor de potentes toxinas carcinogénicas, las aflatoxinas.

Los principales daños ocasionados por los hongos de almacén cuyo hábitat natural generalmente se encuentra en los almacenes, silos y trojes son: reducción del poder germinativo, ennegrecimiento total o parcial de los granos, calentamiento y hedor, diversos cambios bioquímicos, pérdida de peso y producción de micotoxinas, las que al ser ingeridas pueden ser dañinas, ocasionando diversos trastornos, a veces severos en los animales y humanos que consumen dichos granos o alimentos contaminados. Entre éstas podemos mencionar a las aflatoxinas, ocratoxinas, esterigmatocistinas, gliotoxina, patulinas, entre otras. Varias especies de *Aspergillus*, también son importantes en micología médica, como *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus* y otras especies pueden comportarse como patógenas del hombre y de los animales, ocasionando una



serie de enfermedades denominadas colectivamente aspergilosis, siendo la pulmonar la más seria de estas enfermedades.

En el género *Aspergillus*, los grupos más frecuentes que se encuentran causando daño a los granos en el almacén, son especies de *A. restrictus*, *A. glaucus*, *A. candidus*, *A. ochraceus* y *A. flavus*. Las otras especies de hongos de almacén son del género *Penicillium*, son menos frecuentes por requerir mayores contenidos de agua y menores temperaturas, sin embargo, también causan el mismo tipo de daño que *Aspergillus* y producen otras toxinas. Tanto las especies de *Aspergillus* y *Penicillium* son de amplia distribución y uno de los papeles en la naturaleza es la descomposición de la materia orgánica en el suelo, esto por su alta capacidad saprofitica. Esta particular característica, es la razón por la cual estos hongos invaden los granos después de la cosecha y empiezan a declinar su valor fisiológico y nutricional.

El género *Aspergillus* según Raper y Fennell (1965) se ha dividido en 18 grupos, con 132 especies, basándose principalmente en características morfológicas específicas y fisiológicas; así como por su estado amorfo del género *Aspergillus*, y los estados teleomorfos (*Eurotium*, *Emiricella* y *Fennellia*).

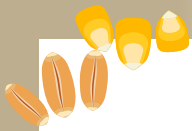
Por las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas los hongos de almacén se han clasificado en subgéneros y secciones. A continuación se describen algunas características importantes de los grupos de *Aspergillus* y *Penicillium* que comúnmente se encuentran en los granos.

1. Grupo *Aspergillus restrictus*. Las especies de este grupo requieren alta presión osmótica para crecer, y humedad relativa entre 70 y 75 %; su crecimiento es muy lento y requiere contenidos de humedad de 14.0-14.5% en cereales y de 8.5-9.0% en cacahuate y copra, causa decoloración, apelmazamiento y afecta la germinación. No son productores de micotoxinas.
2. Grupo *Aspergillus glaucus*. Las especies de este grupo son osmóticas, requieren una humedad relativa de 75% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 14.5-15.0%, en cacahuate y copra de 9.0 a 9.5%, reduce el poder germinativo, decolora el embrión y causa apelmazamiento. No hay evidencias claras de su poder tóxico, sin embargo, se dice que *A. chevalieri* produce una toxina denominada xantocilina.

3. Grupo *Aspergillus candidus* Link; este hongo requiere humedades relativas del 80% y crece en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuate y copra de 9.0-9.5%. La presencia de este hongo es indicativa de que el lote de grano está sufriendo deterioro severo. Reduce la germinación, decolora el embrión rápidamente y es uno de los hongos involucrados en el calentamiento de los granos. No se le considera hongo tóxico.
4. Grupo *Aspergillus ochraceus*. Las especies de este grupo requieren humedades relativas de 80% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuate y copra de 9.0-9.5%. Estos hongos reducen el poder germinativo y decoloran el embrión, no son muy comunes en granos, ya que son buenos competidores contra especies de *A. glaucus* y *A. candidus*, sin embargo cuando se presentan pueden llegar a causar enmohecimiento severo, especialmente en maíz. Estos hongos producen una toxina llamada ochratoxina.
5. Grupo *Aspergillus flavus*. A las especies de este grupo se les considera principalmente como hongos de almacén, sin embargo, en Estados Unidos y México se les ha encontrado invadiendo al maíz en el campo, especialmente cuando las condiciones ambientales favorecen su desarrollo. Las especies de este grupo requieren humedades relativas de 80-85%, en cereales con contenidos de humedad de 16.5-18.0%, en cacahuate y copra de 10-10.5%. Reduce la germinación y decolora el embrión, su desarrollo en el grano contribuye al calentamiento. Algunas especies producen aflatoxinas.
6. Las especies del género *Penicillium* requieren para su desarrollo humedades relativas altas de 85-90%; en cereales, el contenido de humedad para su desarrollo es de 16.5-20.0% y en cacahuate y copra de 10-15%. Estos hongos pueden crecer a temperaturas muy bajas; inclusive bajo cero (-2° C). Causan reducción en la germinación de las semillas, decoloración del embrión y apelmazamiento. Algunas especies son capaces de producir diversas toxinas como la patulina, ácido penicílico, citrinina y ocratoxina.

La presencia de una determinada especie de hongo de almacén en una muestra de grano nos señala las condiciones de humedad a las que estuvo almacenada el grano. El análisis de la microbiota de una muestra de grano también nos puede indicar si el lote proviene de la mezcla de lotes de diferente calidad. Si se aíslan hongos causantes de





deterioro avanzado, esto nos indica que esos granos han estado almacenados con altos contenidos de humedad y que otros hongos han antecedido en la sucesión microbiana.

### Métodos para el combate de hongos de almacén en granos

Para evitar el deterioro de granos y semillas durante el almacenamiento es importante mantener un nivel del contenido de humedad inferior al mínimo requerido para el desarrollo de los hongos de almacén, en cereales de 13.5% y de 8 a 9% para oleaginosas. La temperatura es otro factor importante para evitar el deterioro de granos, debe mantenerse tan baja como sea posible debido a que la mayoría de los hongos de almacén crecen con mayor rapidez a temperaturas entre 30 y 55 °C.

Su desarrollo se retrasa de 12 a 15 °C y casi se reduce su crecimiento de 5 a 8 °C. Sin embargo, por diversas razones, en algunas regiones es difícil mantener los granos con bajos contenidos de humedad, entre ellas el ambiente húmedo y la carencia de equipo de secado. El uso de ambiente controlado, con baja temperatura y humedad es ideal para el mantenimiento de la calidad de los granos, pero es costoso y la conveniencia de su empleo debe ser estudiada, desde el punto de vista técnico y económico. Evitar la infestación de los granos almacenados con insectos y ácaros es también importante para evitar el desarrollo de los hongos. Otro factor que se debe considerar es el de mantener el grano bien ventilado durante su almacenamiento, debido a que el flujo de aire elimina el calor y el exceso de humedad, disminuyendo el rango de temperatura y con ello el desarrollo de insectos, ácaros y hongos.

La mayor parte de los compuestos utilizados para evitar el desarrollo de hongos en el almacén tienden a ser fungistáticos más que fungicidas. Varios ácidos orgánicos como el sórbico, benzoico, propiónico, acético y fórmico han sido utilizados como preservantes de productos almacenados, normalmente en forma de sales sódicas, potásicas y cálcicas. El ácido propiónico solo, o en combinación con ácido ascórbico o acético ha sido utilizado como preservante de los granos. El uso de atmósferas controladas es un método que permite reducir el desarrollo de los hongos de almacén debido a que la mayoría son aerobios, y modificando las proporciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> han demostrado que la velocidad de esporulación, germinación y crecimiento de los hongos son afectados. Sin embargo existen algunos que pueden crecer en atmósferas con concentraciones de O<sub>2</sub> menores de 1%. La irradiación con rayos  $\alpha$  también ha sido utilizado para el control de hongos de almacén sin embargo no han sido muy prácticos.

### Bibliografía

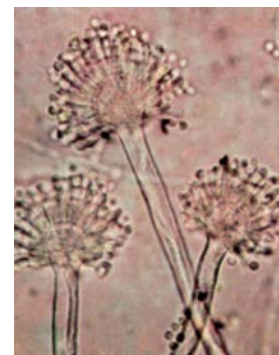
- Alexopoulos C. J., C. W. Mims y M. Blackwell. 1966. Introductory Mycology. 4ª. Ed. Wiley & sons, Inc. Nueva York.
- Barnett, H. L. y B. B. Hunter. 1998. Illustrated General of Imperfect Fungi. 14ª. Ed. APS press, Minnesota.
- Booth, C. 1977. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.
- Christensen, C. M. y H. H. Kaufmann. 1969. Grain storage. The role of fungi in quality loss. University of Minnesota Press. Minneapolis. 153 p.
- Moreno, M. E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. UNAM. México.

### Fotografías

Fuente: Ernesto Moreno Martínez. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. UNAM, Coordinación de la Investigación Científica, Programa Universitario de Alimentos, 1988.



*Aspergillus candidus*



*Aspergillus flavus*



*Aspergillus flavus*



*Aspergillus ochraceus*



*Penicillium viridicatum*