

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



PROBLEMAS QUE CAUSAN LOS HONGOS EN
LOS GRANOS ALMACENADOS

S E M I N A R I O

(OPCION II - A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO

P R E S E N T A

EMMA LAURA NAÑEZ RODRIGUEZ

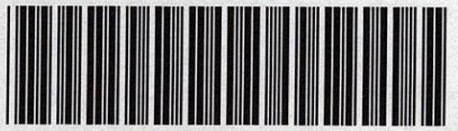
MARIN, N.L.

SEPT. DE 1983.

SB608
G6
3
c. 1

F
S
N
C

B
G
3
.



1080063905

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



PROBLEMAS QUE CAUSAN LOS HONGOS EN
LOS GRANOS ALMACENADOS

S E M I N A R I O

(OPCION II - A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO

P R E S E N T A

EMMA LAURA NAÑEZ RODRIGUEZ

ASESOR: ING. M.C. GUILLERMO MARTINEZ.

MARIN, N.L.

SEPT. DE 1983.

5454 *[Handwritten signature]*

T
SB608
.66
N3

040.632

FALL

1983

c.5



Biblioteca Central
Maana Solidaridad

F-Tesis

I N D I C E

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION | 2 |
| REVISION DE LITERATURA. | |
| Generalidades | 4 |
| Géneros más importantes | 10 |
| Factores físicos que afectan el crecimiento y desarrollo | 13 |
| Factores químicos que afectan crecimiento y desarrollo | 16 |
| PROBLEMAS QUE CAUSAN LOS HONGOS. | |
| Reducción en el poder germinativo | 18 |
| Ennegrecimiento total o parcial del grano | 21 |
| Calentamiento y Hedor | 22 |
| Diversos cambios bioquímicos | 25 |
| Pérdida del valor nutritivo | 26 |
| Producción de tóxicas | 28 |
| Pérdida de peso | 30 |
| CONTROL | 31 |
| RESUMEN | 37 |
| CONCLUSIONES | 39 |
| BIBLIOGRAFIA | 40 |

I N T R O D U C C I O N

Desde que el hombre se hizo sedentario, hace -- más de 10,000 años, los cereales y las leguminosas se han cultivado en muchas partes del mundo, lo cual ha servido de base para el desarrollo de muchas civilizaciones. También desde tiempos remotos el grano se ha almacenado con el propósito de preservar la semilla, para que sirva de alimento entre las temporadas de cosecha. De este modo, en la mayoría de las áreas agrícolas el grano se almacena de 6 meses a un año o aún durante un tiempo más largo.

En los países primitivos, el grano se almacena en pequeños graneros, en hoyos profundos o en cestos de mimbre. En las áreas comerciales en silos de concreto, madera o acero y regularmente su capacidad varía de 500 a 100,000 toneladas o más. Cualesquiera del tipo de granero que se tenga desde el más rústico hasta el más modernizado, no puede evitarse que el grano sufra daño, en algunos casos, mecánico como descascamiento, roturas, hendiduras, etc., o el tipo de daño orgánico entre el que podemos citar a los hongos. De este modo la responsabilidad del fitopatólogo no termina con la obtención de una cosecha de rendimiento satisfactorio. La recolección marca la terminación de una fase de la protección de la planta y el inicio de otra que -- comprende la protección de sus partes económicas, en este --

caso el grano o semilla.

Los granos y las semillas son altamente durables y a la vez altamente perecederos. Si se cosechan en buena condición y se guardan a bajos contenidos de humedad y baja temperatura, pueden retener la calidad original para su industrialización y aún su poder germinativo por años o décadas. Pero también son susceptibles a la invasión y daños por diversos organismos, entre ellos los hongos, y si se almacenan bajo condiciones que favorecen el desarrollo de estos microorganismos nocivos, un gran daño puede ocurrir en el término de unos cuantos días a unas cuantas semanas.

Los hongos hasta muy recientemente han sido reconocidos como una causa importante de los daños a semillas y granos almacenados. Inclusive hoy en día muchas personas desconocen la importancia de los hongos al igual que los perjuicios que nos pueden representar.

LITERATURA REVISADA

Los granos almacenados, entre ellos semillas - oleaginosas y cereales, presentan en su exterior una grande y variada microflora dentro de la cual se incluyen los hongos. (24). Los hongos que atacan a los granos almacenados hasta muy recientemente han sido reconocidos como una causa importante de daños. Hoy en día muchas personas que manejan grano desconocen que los hongos de almacén pueden jugar un papel decisivo en sus operaciones, así como en -- sus ganancias o pérdidas. (4)

Las mermas de calidad de granos y semillas -- por la actividad de estos hongos representa una parte importante de las mermas totales de los alimentos almacenados. (12). Actualmente la pérdida es del 2% de la - producción mundial, aunque puede llegar hasta un 45% en -- países tropicales y subtropicales en donde el contenido de humedad ambiental es muy alto. (8)

La contaminación de alimentos por hongos es un fenómeno muy frecuente en virtud de que las esporas de estos microorganismos están ampliamente distribuídos en el - ambiente (29), además de poseer una gran cantidad de diseminadores y vectores como insectos, maquinaria, etc. (12). Desde la cosecha, el grano puede contener de miles a millou

nes de esporas por gramo de semilla, las cuales germinarán si encuentran condiciones favorables en el almacén para su desarrollo. (27)

Los hongos son la causa principal de los daños y deterioros en los granos almacenados que inhabilitan el consumo para animales y el hombre. (13). El problema del ataque de granos y semillas oleaginosas por hongos, empezó a abordarse a principios de este siglo, sin embargo, solo abarcaba las implicaciones del tipo económico. (4)

El deterioro que los hongos causan a los granos almacenados puede ser tan severo que en algunos casos pueden alterronarse y ser difíciles de manejar, además de que las esporas de algunos de estos hongos presentan un peligro para la salud si se les aspira, ya que causan enfermedades en las vías respiratorias. (12)

Las especies de hongos que atacan al grano dependen de la clase del grano y de las condiciones ambientales que se encuentren tanto en el exterior como el interior de la semilla. (22)

La iniciación y la magnitud de la contaminación estarán de acuerdo a: a) Cantidad de humedad del grano; b) Viabilidad c) Estado físico; d) Temperatura; e) Tiempo de almacenamiento; f) Actividad de insectos. (29)

Los hongos que pueden estar presentes en los granos almacenados son, en orden de importancia los siguientes: Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Fusarium, Sporendonema, Macrophomina, Alternaria, Cladosporium, Helminthosporium. Los tres primeros géneros son conocidos como "hongos de almacén", los géneros restantes son hongos de campo cuyas esporas llegan al almacén adheridas del grano y que bajo circunstancias o condiciones muy especiales pueden crecer y desarrollarse. (3, 11, 22, 29)

Las distinciones entre estos organismos se hacen en base a sus diferencias de estructura (morfología) - de su crecimiento y reproducción (ciclo de vida) y de sus propiedades deteriorantes (fisiología). (12)

Estos hongos inician la infección primeramente en granos y semillas dañadas, quebradas, deterioradas, que se logran por daños mecánicos y de transporte o por la infestación previa de gorgojos, los cuales sirven como diseminadores de esporas y vectores a la vez. (1)

Misra, C.P. et al aislaron algunos hongos del género Aspergillus y los inocularon a la superficie de larvas, pupas y adultos de gorgojos de los graneros y se observó que además de que diseminan el hongo, lo hacen sobre las mordeduras que estos dejan en el grano al alimentarse, logrando así una aceleración en la infección. Se observó que además de transportar las esporas en la superficie de

su cuerpo, lo hacen en el tracto digestivo y por lo tanto en las heces fecales. (20)

Griffiths, D.A. et al en muestras de grano de almacenes comerciales encontraron en abundancia infección con ácaros (Acarus siro). El contenido de humedad de dichas muestras estaba en un rango de 13.5 - 15%, con este contenido de humedad muchos hongos del género Aspergillus fueron encontrados. Este ácaro, cuando se desarrolla en granos contaminados por hongos, transporta las esporas de un lugar a otro, sirviendo de diseminador, ya que en las setas de su cuerpo las acarrea, además de su tracto digestivo y en sus heces fecales. Se han inoculado algunos almacenes colocando el inóculo en una parte demasiado pequeña del granel y se observa que si existe Acarus siro, en pocos días estará infectado todo el granel. (10)

Los hongos de los granos almacenados necesitan para poder crecer y desarrollarse, ciertas condiciones ambientales: Cuando la Humedad Relativa del medio ambiente alcanza un 70%, la mayoría de los granos logran un equilibrio de 13.5 - 14% de humedad, con cuyo contenido - las esporas de los hongos contenidos en el grano germinarán y se desarrollarán, acelerándose este proceso a medida que la Temperatura aumenta. Fig. a. Se manifiestan - desde una Temperatura mínima de 9° C, con un crecimiento muy lento que se acelera conforme esta aumenta, esto es - para granos o cereales, mientras que para semillas oleagi

nosas un 8% de humedad de la semilla será suficiente para ser invadida. (12, 26, 31)

A medida que la Humedad Ambiental aumenta, se observa un incremento en la respiración, tanto del grano - como del hongo, decreciendo la viabilidad de la semilla, - siendo esto proporcional al incremento en moho. A medida que la Temperatura y Humedad aumentan, otras especies de hongos más irán apareciendo. (14, 29)

Se ha comprobado que una gran cantidad de estos hongos tienen la capacidad de producir una gran variedad de sustancias tóxicas, las cuales reciben el nombre de micotoxinas que producen la enfermedad llamada micotoxicosis. (18)

Entre las primeras manifestaciones de micotosinas están: En 1882 se publicó un artículo describiendo una enfermedad de caballos, sospechándose que era causada por el consumo de alimento ahongado. (4). Van Wolff en 1885, citado por Clegg y Bryson (1962) recomendaba, evitar muestras de corazón de nuez contaminadas con masas algodonosas o de aspecto arenoso, ya que eran perjudiciales para los animales y podían causarles la muerte. (5). En 1930 la -- muerte de 5,000 caballos a los que los veterinarios llamaron "enfermedad del maíz mohoso". (4). En 1944 se informó que en un distrito ruso el 10% de la población enfermó por

haber ingerido cereales infectados por especies de Fusa- -
rium y Cladosporium, los cuales producen toxinas. (23). En
 1960 la muerte de 10,000 pavitos por consumir alimento in-
 fectado. (4)

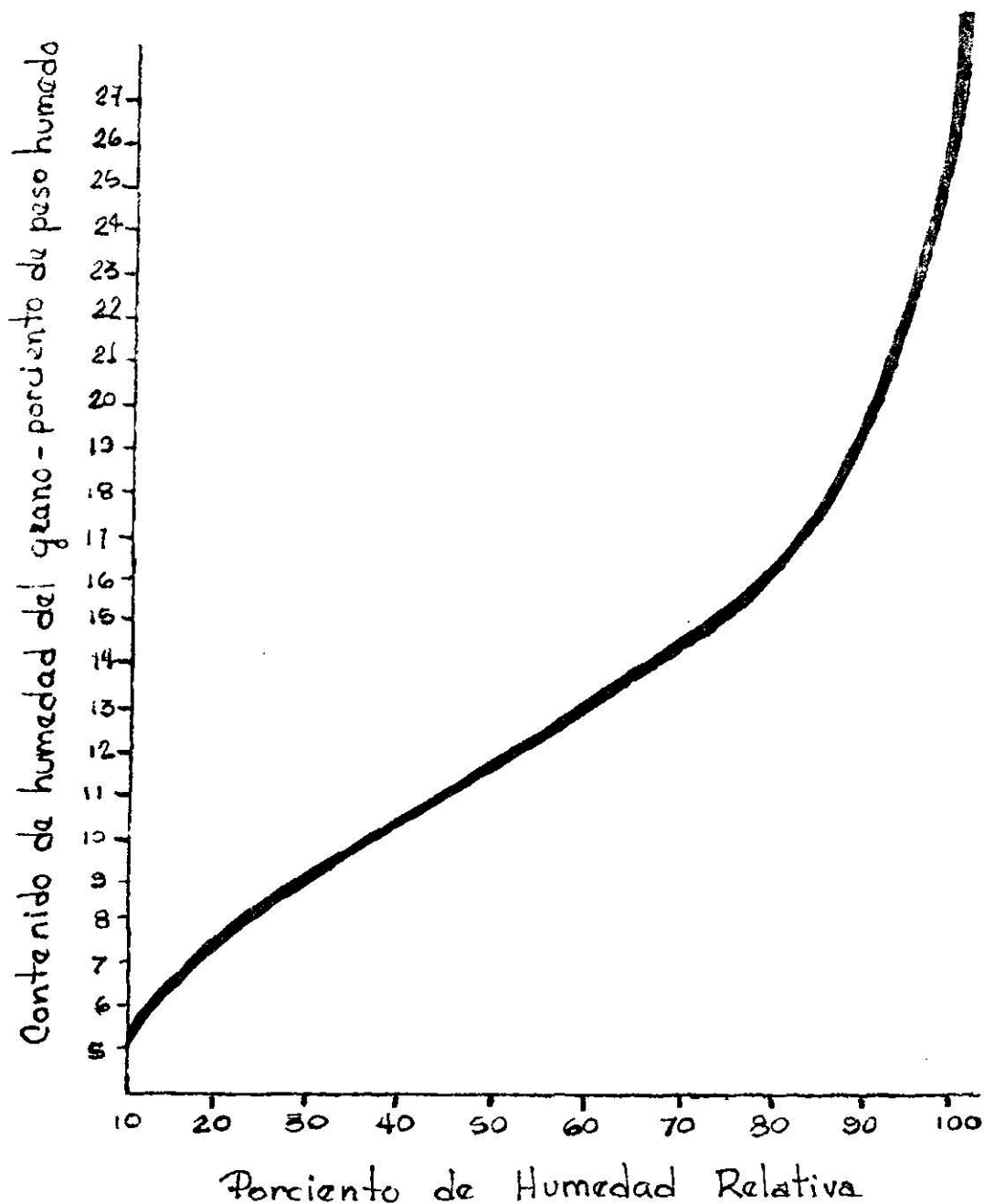


Fig. a.- Equilibrio del contenido de humedad del grano a diferente humedad relativa.

GENEROS MAS IMPORTANTES

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Género: Aspergillus (Micheli)

Especies: flavus, restricus, repens, amstelodami, ruber,
candidus, niger, ochraceus, glauclus.

(Lat. aspergillum = hisopo para rociar con - -
agua bendita). Por lo general presenta micelio incoloro o
bien con materias colorantes superficiales, nunca negro, -
septado, en parte aéreo y en parte sumergido, sus ramas --
fértiles se originan de células miceliales de pared gruesa,
dichos pedúnculos acaban en un engrosamiento llamado vesí-
cula que algunas veces lleva a su alrededor células inter-
mediarias llamadas fialides que son mas o menos cilíndri--
cas y las cuales llevan por sí mismas racimos de más fiali-
des de cuyos ápices se segregan una tras otra las conidias
dispuestas en cadenas no ramificadas, de varios tonos y co-
lores. Las cabezas esporóforas dependiendo de su especie
pueden ser de diferentes formas: globosas, radiales, clavi-
formes, etc..

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Género: Penicillium (Link)

Especies: rubrum, citrinum, islandicum, notatum.

(Lat. penicillus = pincel). Su micelio vegetativo es incoloro o de colores pálidos, tabicado, predominantemente sumergido aunque algunas veces aéreo; sus ramas fértiles (conidióforos) salen del micelio sumergido terminando en un verticilio sencillo de órganos esporóforos - - (fialides) o una ramificación de dos o más verticilios, -- las conidias se forman por escisión formando cadenas no ramificadas. Cuando las conidias han madurado adquieren diversas tonalidades de color verde.

Clase: Phycomycetes
 Subclase: Zygomycetes
 Orden: Mucorales
 Género: Rhizopus (Ehrenberg)
 Especie: arrhizus

(Lat. rhiza = raíz y pous = pie). Tiene la característica de formar densas masas algodonosas de micelios, sus hifas presentan estolones así como penachos de rizoides, sus esporangios son globosos de color blanco brillante al principio que se van tornando negruzcos al madurar.

Clase: Deuteromycetes
 Orden: Moniliales

Género: Fusarium (Link)

Especies: roseum, moniliforme, tricinctum, oxysporum.

(Lat. fusus = huso). Sus esporas típicas son falsiformes, de extremos puntiagudos, por lo regular con varias septas transversales, incoloras o de color pálido. La forma exacta, tamaño y número de septas de las conidias son elementos para la identificación de especies. Ciertas especies producen clamidosporas que pueden ser terminales o intercalares en el micelio o en las macrosporas.

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Género: Alternaria (Nees)

(Lat. alteres = pesas de gimnasia). Sus esporas no son conidias sino talosporas que están sujetas a amplias variaciones de tamaño, forma y grado de tabicación, son muriformes con un pico bien definido que es más pálido que el cuerpo de la espora, estas talosporas se producen en cadenas. Sus colonias son aterciopeladas, finas y casi negras, con crecimiento aéreo que consiste en las cadenas de esporas.

FACTORES FISICOS QUE AFECTAN
CRECIMIENTO Y DESARROLLO

TEMPERATURA: La temperatura es quizá el factor físico más importante de entre los que afectan el índice de crecimiento de los microorganismos. La mayoría de los microorganismos tienen una temperatura óptima, bastante bien definida, en la que la división celular tiene lugar a un ritmo máximo. La temperatura óptima para el crecimiento varía en -- gran manera según sean las especies, pudiendo clasificarse estas como Psicófilas cuando soportan temperaturas menores de 0° C, Mesófilas de 20-40° C y Termófilas que sobreviven hasta en temperaturas de 80° C.

Los microorganismos expuestos a temperaturas -- por debajo de la mínima o superior a la máxima para su crecimiento sufren una disminución en su número, disminución cuya proporción dependerá de la temperatura en cuestión. -- Muchos hongos tienen la propiedad de subsistir hasta por -- meses en condiciones de temperaturas muy bajas y después -- de dicho almacenamiento tienen capacidad de reanudar sus -- actividades. (13, 15, 21)

HUMEDAD: La disponibilidad del agua en el medio nutricional es un factor vital que determina, tanto las especies de -- hongos capaces de crecimiento, como el ritmo en que pueden

crecer. Generalmente este ritmo se mide a base de la proporción relativa de agua y está en función del contenido de humedad del alimento.

Los hongos son, por lo general, los microorganismos más resistentes a los efectos de condiciones secas, y unas muy contadas especies presentarán algo de crecimiento con una actividad acuosa relativa tan baja como de 0.65, si bien a actividades acuosas mas bajas de 0.70 la inmensa mayoría de los hongos tienen inhibido su crecimiento.

Las esporas de los hongos son formas en reposo muy capaces de resistir los efectos de una baja actividad acuosa y de la desecación, de modo que, en condiciones secas, no se destruyen pero, por otra parte, son incapaces de germinar hasta que la actividad acuosa relativa ascienda al nivel adecuado. (13, 15, 21)

OXIGENO: Lo mismo que todos los demás seres vivos, los hongos llevan a cabo la oxidación bioquímica de materias nutriticias para obtener así energía para los procesos vitales, por lo tanto, los hongos son considerados organismos aerobios, los cuales necesitan oxígeno en cantidad muy cercana a la que se encuentra presente en el aire a la presión atmosférica, y en ausencia de esta cantidad de oxígeno no no crecerán.

Todos los hongos son marcadamente aerobios, de

modo que, por lo general, su crecimiento está limitado a la superficie de un alimento, donde pueden conseguir libre acceso al oxígeno del aire. (12)

LUZ: De entre las diversas radiaciones que componen la luz solar, únicamente las de la parte ultravioleta del espectro son altamente fungicidas. La luz visible posiblemente sea débilmente fungicida y es innegable que la mayoría de los hongos crecen mejor en la obscuridad.

La radiación ultravioleta es altamente germicida y la longitud de onda de esta es igualmente eficaz como destructora de esporas, así como de formas vegetativas de los organismos, y se le ha empleado prácticamente para impedir el crecimiento de hongos en instalaciones elaboradoras de alimentos y recipientes.

Los muy bajos poderes de penetración de la radiación ultravioleta hacen que esta sea ineficaz como medio para la esterilización de alimentos, de modo que su uso está limitado a la esterilización superficial. Otro inconveniente para su uso es la producción de ozono en el aire irradiado, lo cual se combina con las grasas de los alimentos y produce rancidez. (4, 12)

BIBLIOTECA Aeronomía U.A.N.L.

FACTORES QUIMICOS

ACIDEZ DEL PRODUCTO ALIMENTICIO: Con esto nos referimos - al valor del pH del producto. Los valores inferiores a 7 indican una acidez creciente, mientras que los valores por encima de 7 indican grados crecientes de alcalinidad. Los microorganismos son muy sensibles a los cambios de pH del medio nutricio y solo crecerán cuando los valores de pH se encuentren dentro de un intervalo adecuado.

El crecimiento de hongos en granos tendrá lugar dentro de un intervalo de pH de 1.5 a 8, lo cual indica que en un medio ácido casi por completo, aunque su óptimo es de 4.

El pH no es estático en los granos y cambiará con la producción de ácidos durante la fermentación. (28)

CONTENIDO DE AZUCARES: Este no es un factor decisivo en el crecimiento y desarrollo de los hongos, pues estos pueden - desarrollarse desde contenidos de 20 a 70% de azúcares puede inhibir el desarrollo de bacterias y levaduras más no de los hongos. (12)

CONTENIDO DE SALES: Cuando se añade sal a un alimento, esta ejerce efectos inhibidores en el crecimiento de los hon-

gos, debido, en parte, a la disminución de la actividad --
acuosa del alimento. (28)

Algunos hongos tales como Sporendonema pueden
crecer en altas concentraciones de sal, son resistentes a
la sequía o sea que pueden crecer en medios nutricios con
poca actividad acuosa. (12)

PROBLEMAS QUE CAUSAN

Los principales tipos de pérdidas causadas por los hongos que se desarrollan en los granos almacenados son:

- 1) Reducción en el poder germinativo.
- 2) Ennegrecimiento total o parcial del grano.
- 3) Calentamiento y Hedor.
- 4) Diversos cambios bioquímicos.
- 5) Producción de toxinas, algunas altamente nocivas.
- 6) Pérdida de peso.
- 7) Pérdida del valor nutritivo.

REDUCCION EN EL PODER GERMINATIVO

Se requiere alta germinación en las semillas -- usadas en la agricultura, además de ser rápida, uniforme y vigorosa. Aunque para la producción de harina, almidón y - aceite usualmente no debe ser de valor, en la clasificación comercial se le da importancia para asegurarse que se trata de grano sano. (30)

La invasión de las semillas por los hongos del

almacén pueden reducir drásticamente el poder germinativo - de la semilla, dependiendo de las condiciones ambientales.

(7)

En la mayoría de las pruebas con maíz y trigo, la invasión de los hongos causa la muerte de los embriones para posteriormente tomar una coloración oscura. Esta es una secuencia normal cuando un tejido vegetal es dañado por hongos; primero son invadidos, enseguida sobreviene la muerte de los tejidos y finalmente estos toman coloraciones oscuras. (4)

Fields y King (1962) almacenaron semillas de diferentes clases, no inoculadas e inoculadas con hongos de almacén a Humedades Relativas de 85 y 92% determinandoles periodicamente su porcentaje en germinación. Las semillas libres de hongos almacenadas en una Humedad Relativa de 85% a 30 °C retuvieron su germinación al 97% por seis meses, -- mientras que aquellas inoculadas con Aspergillus, Penicillium y Rhizopus redujeron su germinación a cero, en un término de 3 meses y para los 6 meses habían muerto todas las semillas inoculadas con otros hongos. Ellos señalaron que la reducción en la germinación de la semilla inoculada era atribuido a la acción patogénica de los hongos y no a los procesos metabólicos en sí de la semilla. (7, 12)

Lutey y Christensen en 1963, colectaron gra--

nos en el campo y los almacenaron bajo condiciones ambientales reguladas, 14% de Humedad de la semilla a 20 °C después de dos semanas observaron invasión de varias especies de -- Aspergillus spp.; dieciseis semanas después se produjo una reducción en el vigor germinativo y veinticuatro semanas -- después se produjo una reducción drástica en el porcentaje de germinación además de el vigor de germinación. (15)

En los contenidos de humedad altos los grados de respiración aumentan con el tiempo acompañados por el -- crecimiento de mohos, así como, viabilidad disminuída. (30)

Qasem y Christensen (1976) ajustaron maíz libre de hongos a diferentes contenidos de humedad, inoculando algunas muestras con varias especies de hongos del almacén, - dejando otras sin inocular; las muestras fueron almacenadas a varias temperaturas, analizandose periodicamente su germinación. Las muestras inoculadas y almacenadas a 18% de humedad a 25 °C durante 4-5 meses, tuvieron una germinación - del 9%, mientras que más muestras no inoculadas y almacenadas bajo las mismas condiciones y por el mismo período de - tiempo, tuvieron una germinación del 94%. (4)

El porcentaje y vigor de la germinación que son afectadas, por la actividad de los hongos, también están relacionadas con algunas características del grano que no han sido mencionadas como: condiciones al momento de la cosecha,

presentaron embriones ennegrecidos, mientras que las muestras inoculadas su germinación se redujo a la mitad y el 41% de las semillas presentaron embriones ennegrecidos. -- (21)

También se ha demostrado que la fenoloxidasa, enzima producida por algunos hongos, producen el obscurecimiento de las semillas. (12)

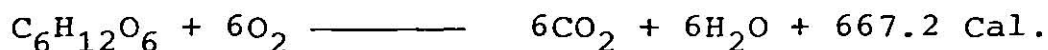
CALENTAMIENTO Y HEDOR

El calentamiento y la respiración se consideran juntos, porque son parte del mismo fenómeno y del mismo proceso biológico que ocasiona el daño.

Se sabe que los microbios debido a su metabolismo son los responsables del calentamiento o por lo menos de la mayor parte de este. Los hongos pueden iniciar el calentamiento desde bajos contenidos de humedad y a medida que la Humedad aumenta, habrá un aumento también en la respiración, por lo tanto se incrementará el calentamiento.

Es una verdad biológica que todos los seres vivientes respiran, aunque se encuentren en estado latente como las semillas o esporas. Cuando los azúcares del tipo hexosa están siendo consumidos como alimentos, la fórmula

para la respiración es como sigue: (4)



Aunque aún está en duda, en los estudios de -- respiración de granos almacenados es si la respiración es principalmente debida a las semillas o a la microflora que crece dentro y fuera de la semilla.

El calentamiento de un grano puede iniciarse durante el transporte de éste de un lugar a otro, ya que - estos almacenes móviles como buques, vagones cerrados de - ferrocarril, trailers, etc. pasan por cierta diversidad de climas en un espacio de tiempo relativamente corto, estos cambios en la temperatura originan un aumento en la respi- ración tanto del grano como del hongo y esto favorece el - calentamiento. (12)

Todos los granos de cereales sanos que son ca- paces de germinar son organismos vivos en los que se mani- fiesta la función de respiración.

Sin embargo el grado de respiración es tan ba- jo que el calor y la humedad producidos por los granos se- cos se disipa fácilmente. Pero, cuando el grano está acom- pañado de hongos, esto no ocurre así. (30)

E.P. Carter comprobó que el grano en el que la viabilidad del hongo habían sido exterminados mediante esterilización por calor mostraron poca producción de calor, aún en los contenidos de humedad mayores del 16%. Cuando este trigo muerto se re infectó con esporas viábiles de hongos, la respiración volvió a ascender y el acaloramiento a manifestarse subsecuentemente.

El incremento en el crecimiento de moho, acaloramiento y respiración siempre continúa hasta que alcanza una temperatura de 52-55° C. Luego se acaba el moho, se para la respiración y cesa el acaloramiento, dejando un contenido de Humedad alto: 26-30%, con lo que se inicia el crecimiento bacterial hasta alcanzar un grado de 68-70° C. Después de esto, el grano puede continuar calentandose espontaneamente, debido a la oxidación no biológica. (4, 32)

DIVERSOS CAMBIOS BIOQUIMICOS

Los granos almacenados están sujetos a fuertes pérdidas a consecuencia de las infestaciones de microorganismos, entre ellos los hongos. El deterioro resultante de los cambios químicos que tienen lugar en los granos almacenados acaba por llevar a una disminución de la calidad, afectando así la apetecibilidad y el valor nutritivo. (16)

Christensen (1976) menciona que los primeros en atribuir a los hongos los cambios bioquímicos asociados en la deterioración de los granos, fueron Milner y Geddes quienes señalaron que: solamente pequeños cambios en la -- composición química de los granos que respiran se observan a contenidos de Humedad desfavorables para el desarrollo de los hongos, pero a niveles de humedad donde los hongos proliferan, ocurren cambios químicos drásticos, aproximadamente proporcionales al contenido de humedad y a la magnitud del crecimiento de los mohos. (4)

Las semillas están constituidas por carbohidratos, grasas y proteínas que son materiales complejos constituidos por unidades químicas sencillas que son azúcares, ácidos grasos y aminoácidos. Dentro de los carbohidratos se encuentran los azúcares reductores tales como glucosa, fructuosa, lactosa y maltosa, las cuales al alimentarse de

ellos el hongo predispone al grano a determinados tipos de descomposición química durante su almacenamiento. (9)

Las grasas se oxidan y enrancian rápidamente y las proteínas se desnaturalizan, es decir se rompen sus aminoácidos. Todos estos procesos se llevan a cabo con -- las enzimas catalizadoras de origen microbiano. (9, 12)

En los contenidos de humedad altos, los grados de respiración aumentan con el tiempo, acompañados por el crecimiento de hongos, así como, deterioración química. (21)

Los granos con 14-16% de humedad, almacenados en depósitos en donde el oxígeno es limitado, con frecuencia desarrollan gérmenes muertos de color obscuro. Los -- gérmenes muertos tienen un alto contenido de ácidos grasos los cuales le dan un sabor rancio; también contienen micelio fungal. El crecimiento del hongo se hace evidente en tales granos que se caracterizan por su baja viabilidad y alta acidez grasa. (28)

PERDIDA DEL VALOR NUTRITIVO

Entre las unidades químicas de valor nutritivo que podemos encontrar en una semilla están los azúcares, - los ácidos grasos y los aminoácidos. La cantidad y clase de estas materias constitutivas determinarán la naturaleza

y el valor nutritivo del grano, además de servirle al grano como fuentes de energía en la respiración y sirviendole de reserva alimenticia para el embrión. (9)

Si los hongos al infectar el grano producen -- cambios químicos que llevan a cabo la deterioración de estos compuestos, esto indica que su calidad disminuirá y su clase se reducirá o alterará, lo cual indica que habrá pérdida en el valor nutritivo. (31)

Martínez, M.L. et al, 1969. Evaluaron el valor nutritivo del maíz infectado con hongos en pollos a los cuales a los tres días de nacidos cuando presentaban un peso promedio de 50.5 gr. fueron alimentados con maíz infectado por Fusarium, Penicillium, Aspergillus y también alimentados con maíz sano, suministrándose los tratamientos por 5 semanas. Los hongos incrementaron el contenido de extracto etereo (grasa cruda), fibra cruda y proteínas, siendo esto último lo más importante, ya que se triplicó. El alimento que contenía hongos indujo un menor crecimiento, y al ir avanzando se hacía más notorio. Se cree que guarda relación directa con la disminución de la cantidad del alimento ingerido, debido a la poca apetecibilidad. -- (16)

PRODUCCION DE TOXINAS

Algunos de los hongos que atacan los granos almacenados producen metabolitos tóxicos llamados micotoxinas, las cuales son perjudiciales y aún funestas para el organismo que las ingiera. (12, 17, 22)

Para que estas toxinas se produzcan no basta -- con que prolifere el hongo en el grano, sino que deberán -- existir condiciones que favorezcan la producción. Para que Aspergillus spp. produzca aflatoxinas debe de encontrarse -- solo, es decir, prácticamente puro, ya que en granos en don -- de se encuentra conjuntamente con otros mohos o bacterias -- creciendo activamente no produce aflatoxinas. (18)

Las micotoxinas producen enfermedades en los -- animales de sangre caliente, dicha enfermedad recibe el nom -- bre de micotoxicosis, la cual no es contagiosa ni infeccio -- sa y no se le puede tratar adecuadamente con medicamentos -- ni antibióticos. (8). No provocan reacciones de inmunidad, son resistentes al calor y no se destruyen con el procesado normal de los alimentos. (26)

Entre las principales toxinas se encuentran:

Por Aspergillus spp.: Aflatoxina B₁, B₂, B₃, G₁,

G₂, Ochratoxina, Maltoricina y Esterigmatosistina.

Por Penicillium spp.: Ciclorotina, Luteoscuirina, Patulina, Rubratoxina, Citrina y Citreoviridina.

Por Fusarium spp.: Zearalenone F-2, Fusariotoxina T-2. (2, 6, 8, 17)

Algunos países y organizaciones han determinado límites de aceptabilidad respecto a la concentración de - - aflatoxina. Los límites superiores de tolerancia para el - consumo humano varían de 0.005 ppm. a 0.05 ppm. (8)

OMS/FAO/UNICEP, recomienda 0.03 ppm. como nivel máximo aceptable, aunque para la alimentación del humano se ha tomado como límite superior 0.005 ppm. (Jamieson, M.F.S. y Jobber, A.I., 1975).

La ecología de la producción de aflatoxinas por Aspergillus ha sido resuelto casi completamente. El contenido mínimo de Humedad para que Aspergillus produzca aflatoxinas en granos de cereales que están constituidos en su mayoría por almidón como maíz, sorgo, trigo, avena, cebada y arroz, el contenido de humedad es de 18-18.5%, en las semillas de cacahuete y girasol u otras con alto contenido de aceite es de 9-10%. La Temperatura mínima, óptima y máxima para la producción de aflatoxinas es de 12°, 27° y 42° C. -

Bajo condiciones óptimas la aflatoxina se producirá en un lapso de 24 horas y una cantidad máxima se alcanzará en el término de 10 días. (19)

PERDIDA DE PESO

Entre los problemas que causan los hongos en los granos almacenados podemos citar la pérdida de peso, la cual es un resultado de la actividad alimenticia de los patógenos.

Cuando un grano es infectado por los hongos, aparentemente el grano aumenta de peso. esto es debido a la actividad metabólica de los patógenos en la cual al alimentarse de azúcares y carbohidratos y utilizar oxígeno en la respiración, produce bióxido de carbono, agua y calentamiento, lo cual se acelerará cada vez más a medida que el moho prolifere. Todo esto es solo aparente pues si se elimina el hongo y se deja secar el grano, se observará que no se produce un aumento en peso del grano, sino lo contrario, se reduce cada vez más, dando lugar a granos vanos.

CONTROL DE LA INFECCION

El conocimiento de los daños que causan los -- hongos en el almacén son motivo suficiente para desarro- - llar medidas de control.

Las diferentes medidas de control que se realizan dependen de los incentivos económicos del almacenista, del tipo de almacén del que se trate de las condiciones am**bia**ntales de la región y sobre todo del destino que tendrá el grano almacenado; es decir, si será utilizado en la ali**men**tación humana, en la animal, o como semilla en la agri**cul**tura. (27)

Entre los principales métodos de control se en**cu**entran:

Secado con aire natural o ambiental.-

Este método de control consiste en aerear el - grano amontonado o a granel con aire natural. (29). Este método se ha usado para prevenir el movimiento de humedad de una parte del granel a otra, ya que si esto sucede pro**vo**ca además de la acumulación de humedad un incre**me**nto ace**l**erado de moho. Algunas veces este tipo de aereación es - desarrollado como una alternativa para evitar "voltear el

grano" o sea, estarlo cambiando de un recipiente a otro, - con lo cual se ahorra en dinero y tiempo, además de evitar se dañar el grano por estarse este moviendo.

Este método de control es muy económico pero - solo puede llevarse a cabo en regiones secas. Si se efectúa en lugares húmedos causa condensación de vapor de agua y acumulación de humedad. (28)

Secado solar.-

Es uno de los métodos más rústicos que existen aunque también de los mejores en muchos sentidos. El secado solar consiste en colocar el grano bajo la acción solar, donde la temperatura del aire es incrementada y la humedad es evaporada rápidamente. Este método es mucho más rápido que el anterior, ya que además de la influencia del sol es tá aunada al aire natural. Es el método más eficiente y - es más económico pero solo se usa en las estaciones del -- año calurosas y donde hay poca probabilidad de lluvias. Se ha demostrado que este método es efectivo hasta en regio-- nes que presentan alta humedad relativa. (28)

Secado a alta temperatura-alta velocidad.-

Este método de control a diferencia de los anteriores requiere de más gastos de operación, ya que ade-- más de los instrumentos mecánicos que se utilizan necesita

de energía eléctrica para funcionar, lo cual requiere otro gasto.

El método es muy y muy rápido, además el grano seco con este método no absorbe la humedad del ambiente fácilmente. El secado a alta temperatura representa más de 70° C y la alta velocidad representa menos de 4 horas.
(28)

Esta forma de secado además de ser costosa puede dar lugar en algunos casos a granos frágiles causados por la formación de hendiduras de tensión en el endospermo. Existen algunas secadoras como la concurrente (que incorpora un ciclo templado), la cual mejora las propiedades físicas del grano. (30)

Secado lento a baja temperatura.-

Este método de control también es muy costoso, más que el anteriormente descrito pues la energía necesaria para lograr las bajas temperaturas es mucho mayor y -- por lo tanto más costosa.

Este secado consiste en someter el grano a bajas temperaturas que inhiban el desarrollo de los hongos; esto es, lograr temperaturas de 6 a 7° C en el almacén. Esto se hace con un secado lento, es decir poco a poco se va

reduciendo la temperatura, ya que si se hace rápidamente - el grano sufre daños físicos y químicos. El grano almacenado a baja temperatura con secado lento puede mantener -- sus características nutritivas sin ser alterada hasta por años. (28)

Combinación de Secados.-

Este método consiste en dos métodos de seca-- dos; secado a alta temperatura seguido por un secado natu-- ral o a baja temperatura. El secado de este modo es bas-- tante efectivo y presenta muchas ventajas. Su desventaja es que no es propio para los silos comerciales de gran ca-- pacidad donde la humedad del grano no se reduce rapidamen-- te. Sin embargo, este método además de eliminar el desa-- rrollo del moho, aumenta el porcentaje de germinación de la semilla al finalizar el ciclo de secado a alta temperatura.

Almacenamiento Hermético.-

Es un método comprobado que consiste en pre-- servir el grano con humedad elevada para ser utilizado co-- mo forraje. El grano de alta humedad es almacenado en ar-- cones revestidos de vidrio u otros arcones hermeticamente cerrados que tienen un sistema de respiradores para preve-- nir presiones diferenciales y limitar el intercambio de -- gas dentro y fuera del almacén. El grano sufre fermenta--

ción, disminuye el contenido de oxígeno y aumenta el del bióxido de carbono por la respiración del grano, así como del hongo.

El inconveniente de este tipo de control es -- que el ambiente creado favorece la formación y crecimiento de microorganismos anaeróbicos como son las bacterias, además de que una vez que el grano se saca del almacén es altamente vulnerable a enmohecerse y solo tolera pocos días, por lo que debe utilizarse rápidamente. (28)

Control Químico.-

Se ha intentado eliminar los hongos en los almacenes aunque, en forma general, estos intentos no han sido muy satisfactorios, primeramente porque la mayoría de los fungicidas no son activos a humedades relativas de 75-85% rango de humedad en el que prosperan los hongos, y -- aquellos fungicidas que son efectivos bajo tales condiciones, por la acción de sus vapores tóxicos, matan a la semilla antes que al hongo.

El estudio de los preservativos químicos se ve favorecido por su flexibilidad potencial, su bajo costo y por su gran capacidad para preservar el grano. Una buena sustancia química debe tener un grado de toxicidad muy bajo para los mamíferos y al mismo tiempo debe tener propie-

dades durables para inhibir los microorganismos. Actualmente el ácido propiónico ha sido uno de los más efectivos. El ácido acético y el ácido fórmico son menos inhibitorios pero se les usa en combinación con el ácido propiónico . - El metileno es igual o superior al ácido propiónico, pero puede tener efectos negativos sobre el metabolismo del animal. (28)

Mejoramiento Genético.-

El control de enfermedades de almacén pueden -- ser ayudadas mediante el mejoramiento de plantas. Indirectamente desarrollando variedades con resistencia al ataque de insectos en el campo y en el almacén, así como lograr - un grano resistente a los daños por cosecha, transporte y manejo. Directamente desarrollando variedades resistentes al ataque de hongos de campo y almacén o inhibición de producción de micotoxinas.

Se pueden desarrollar variedades donde el grano facilite un secado rápido, (86) también que la testa -- sea endurecida para dificultar la penetración del hongo. - Simplemente el lograr variedades resistentes al ataque de insectos es una gran ventaja pues reduce indirectamente el desarrollo de hongos. (28)

R E S U M E N

Los granos almacenados presentan en su exterior una variada microflora dentro de la cual se incluyen los hongos, los cuales juegan un papel decisivo en las ganancias y pérdidas económicas.

Los hongos de los granos almacenados inhabilitan el consumo para animales y el hombre, dificultan el manejo del grano y tienen la capacidad de producir una gran variedad de sustancias tóxicas llamadas micotoxinas que causan enfermedades al hombre y a los animales que las consumen.

Las especies de hongos que atacan al grano dependen de la clase del grano y las condiciones ambientales que se encuentran tanto en el exterior como el interior de la semilla. Los géneros que pueden presentarse son: Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Fusarium, Alternaria, Sporendonema, Macrophomina, Cladosporium y Helminthosporium, los cuales inician su infección primeramente en granos y semillas dañadas o deterioradas.

En muchos casos las infecciones por hongos son aceleradas cuando el grano está infectado de plagas de insectos o ácaros, pues actúan como diseminadores de esporas y a la vez como vectores.

Las condiciones que el hongo necesita para crecer y desarrollarse son: Humedad Relativa de 70% lo cual hará que el grano logre un equilibrio de 13.5 a 14% de humedad, Temperatura mayor de 10° C, Oxígeno en cantidad suficiente, Baja energía lumínica, Valor de acidez del grano pH menor de 8.

Los problemas que causan estos hongos son: Reducción en el poder germinativo, Ennegrecimiento total o parcial del grano, Calentamiento y Hedor, Cambios bioquímicos, Pérdida del valor nutritivo, Producción de toxinas, Pérdida de peso.

El control de los hongos que se presentan en los granos almacenados es principalmente haciendo modificaciones en el Medio Ambiente, es decir, estableciendo condiciones reguladas de temperatura y humedad dentro del almacén, esto puede ser con alta temperatura, baja temperatura, aire ambiental, etc. Existe también el control químico cuyos resultados no son muy satisfactorios, además de tener la desventaja de que mucho grano tratado químicamente no puede ser consumido por el hombre ni por los animales.

C O N C L U S I O N E S

- 1.- El problema de los hongos en los granos almacenados - debe de tener, en forma estricta, el cuidado y la - - atención del hombre debido a las pérdidas que ocasionan y las enfermedades que pueden causar.
- 2.- Los hongos en almacén son extremadamente propagables causando serias pérdidas en poco o muy poco tiempo.
- 3.- Aunque se conocen algunas formas para controlar estos patógenos, es necesario recalcar que no es fácil establecer un buen sistema de control, ya que los mencionados por los diferentes autores tienen tanto ventajas como desventajas.
- 4.- Concluimos pues, que para evitar gran parte del problema en cuestión será necesario tomar en cuenta un serio y dedicado manejo de la cosecha antes del almacenaje, o bien, realizando mejoramientos genéticos -- del grano.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Agrawal, N.S., C.M. Christensen and C.M. Hudson. - -
Grain storage fungi associated with the grana-
ry weevil. Journal of Economic Entomology. --
50: 659-663. 1957.
- 2.- Brodnik, T., N. Klemenc, P. Vospernik and J. Zust. - -
Influence of toxins from maize infected by - -
Aspergillus flavus, Penicillium rubrum and Fu-
sarium graminearum. Seed Science and Technolo-
gy. 6: 965-967. 1978.
- 3.- Charton, W.J. Patología Vegetal. Ed. Omega, Barce-
lona, España. pp. 633-637. 1975.
- 4.- Christensen, C.M. Contaminación por hongos en gra--
nos almacenados. Ed. Pax, México. pp. 75-109.
1976.
- 5.- Clegg, F.G., H. Bryson. An outbreak of poisoning -
in storage cottle attributed to Brazilian - -
Groundnumeal. Vet. Rec. 74: 992-994. 1962.
- 6.- De la Garza G., J.L., J. Garza. Aflatoxinas en pro--
ductos agrícolas. Panagfa. 39: 6-8. 1977.
- 7.- Fields, R.W. and T.H. King. Influence of storage --
fungi on the deterioration of stored pea seed.
Phytopathology. 52: 336-339. 1962.

- 8.- Fraustro Alvarez, M.B. Determinación de aflatoxinas en alimentos balanceados para ganado bovino en el noreste de México. Tesis licenciatura, Fac. de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. Monterrey, N.L., México. 1978.
- 9.- Frazier, W.C. Contamination, Preservation and Spoilage of cereal and cereal products. Food Microbiology. 3:180-189. 1979.
- 10.- Graffiths, D.A., A.C. Hodson and C.M. Christensen. -- Grain storage fungi associated with mites. - Journal of Economic Entomology. 52: 514-518. 1969.
- 11.- Halloin, J.M. Postharvest infection of cottonseed by Rhizopus arrhizus, Aspergillus niger and Aspergillus flavus. Phytopathology. 65: 1229-1231. 1975.
- 12.- Jamieson M., and P. Jobber. Manejo de los alimentos, Ecología del almacenamiento. Ed. Pax, México. 1: 43-61. 1974.
- 13.- Johnson, A.G. The role of fungi in the deterioration of grain in storage. F.A.O. Agricultural - Studies N° 2. pp. 88-91. 1948.
- 14.- Lopez, L.C., and C.M. Christensen. Effect of moisture content and temperature on invasion of -- stored corn by Aspergillus spp. Phytopathology. 57: 588-590. 1967.

- 15.- Lutey, R.W., and C.M. Christensen. Influence of - - moisture content, temperature and lenght of storage upon survival of fungi in Barley kernels. *Phytopathology*. 53: 713-717. 1963.
- 16.- Martínez, M.L., L.G. Elias, J.F. Rodríguez, R. Jar-- quín y R. Bressani. Valor nutritivo del - - maíz infectado con hongos en pollos y torti-
lla de maíz fungosa en ratas. Publicación -
INCAP E-419. pp. 217-240. 1969.
- 17.- Martínez Ramírez, V.J. Prueba de 4 tratamientos en la inactivación de aflatoxinas en maíz contaminado. Tesis licenciatura. Fac. de Agronomía, U.A.N.L. Monterrey, N.L. México. 1980.
- 18.- Meronuck, R.A., Mirocha, C.J. and C.M. Christensen. Molds, Micotoxins and Micotoxicoses. American Association of Cereal Chemistry. 51: --
513-520. 1977.
- 19.- Mirocha, C.J., and C.M. Christensen. Toxic fungus -
metabolites. Annual Review of Phytopatholo-
gy. 12: 303-330. 1974.
- 20.- Misra, C.P., A.C. Hodson and C.M. Christensen. The angoumois grain moth, Sitotroga cerealella, and storage fungi. *Journal of Economic Entomology*. 54: 1032-1034. 1961.

- 21.- Papavizas, G.C., and C.M. Christensen. Grain storage studies: Fungus invasion and deterioration of wheats stored at low temperatures and moisture contents. American Association of Cereal Chemistry. 35: 27-34. 1958.
- 22.- Ramírez Genel, Marcos. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Cía. Edit. Continental. México. pp. 56-61. 1974.
- 23.- Schieber E., M. Martínez, R. Gomez y R. Bressani. Prevalencia de hongos en granos de maíz. Publicación INCAP E-418. pp. 311-319. 1969.
- 24.- Semenivk, G. Microflora in storage cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemistry. 31: 543-568. 1954.
- 25.- Smith, G., and Raistrick, H. An introduction to industrial mycology. Eduard Arnold Publ. Great Britain. pp. 41, 95, 101, 111, 134, 192. 1960.
- 26.- Smith, D.T., F.C. Norman, H.P. Willett. Zinsser's Microbiology. McGraw-Hill. Edit. New York, U.S.A. pp. 1425-1430. 1968.
- 27.- Sosa Espinosa, R. Ensayos y/o pruebas con agentes destoxificantes en la producción de aflatoxinas. Tesis licenciatura. Fac. de Agronomía, U.A.N.L. Monterrey, N.L. México. 1980.

- 28.- Tuite, J. and G.H. Foster. Control of storage diseases of grain. Annual Review of Phytopathology. 17: 343-366. 1979.
- 29.- Vaqueiro, C., J.C. Morales. Aflatoxinas. Revista Tecnológica de Alimentos. México. 10: 50-58. 1975.
- 30.- Warren, H.L., and J.H. Martin. Cereal Crops. McMillan Edit. New York, U.S.A. p. 93. 1968.
- 31.- Warren, H.L., and J.H. Martin. Cereal Crops. McMillan Edit. New York, U.S.A. p. 93. 1968.
- 32.- Weiser, H.H., G.J. Mountrey, W.A. Gould. Practical food microbiology and technology. AVI Publ. Westport, Conn. 1971.

