

Incidencia de Hongos en Maíz
Almacenado

P O R

Karla Isabel Andino L.

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

El Zamorano, Abril - 1990

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen quienes fueron mis guías al brindarme esa luz y fortaleza que tanto necesité.

De manera muy especial a mi querida madre, Isabel por su gran apoyo, cariño y comprensión; a mi hermano José Roberto como muestra de mi cariño y aprecio. A Donald, a mi abuela, y a toda mi querida familia, con todo respeto, mi amor y agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los miembros del comité asesor especialmente a mi asesor principal Ingeniero Raúl Espinal, por su ayuda, consejos y amistad.

A el Ingeniero José Perdomo y al Doctor Jacobo Cáceres por su colaboración y asesoría.

Mi agradecimiento también va dirigido al Jefe del Departamento de Agronomía, Dr. Leonardo Corral y al Dr. Juan Carlos Rosas, Coordinador del Programa de Cuarto Año del Departamento de Agronomía, por su ayuda y facilidades prestadas.

Deseo también expresar mis más sinceros agradecimientos a la Sra. Nolvia Ramos y al Asistente de Laboratorio Camilo Valerio por su valiosa colaboración.

A mis amigos y colegas Patricio Gutierrez, José Ramiro Moncada y Lázaro Arcilla por sus ayudas desinteresadas, Muchas Gracias.

A mis colegas Jaqueline Chenier, Pilar Flaquer y Laura Suazo por su sincera amistad.

A la AID por haber financiado mis estudios en esta institución.

v
INDICE

TITULO.....	i
DERECHO DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
A. El problema de pérdidas en granos almacenados.....	5
B. Hongos asociados al deterioro de los granos.....	6
1. Hongos de campo.....	6
2. Hongos de almacén.....	6
C. Factores que tienen influencia en el desarrollo e invasión de hongos en los granos almacenados.....	7
1. Contenido de humedad.....	8
2. Temperatura.....	11
3. Periodo de tiempo que el grano es almacenado.....	12
4. El grado de invasión por hongos de almacén que presente el grano antes de su arribo a un determinado sitio.....	13
5. Cantidad de material extraño presente en el grano.....	13
6. Actividades de insectos y ácaros.....	14
D. Tipo de daño causado por hongos en los granos.....	14
E. Daños al hombre y animales.....	15
1. Producción de micotoxinas y efectos en organismos.....	15
III. MATERIALES Y METODOS.....	18
A. Ubicación del experimento.....	18
B. Muestras de maíz.....	18
C. Tratamientos.....	19
D. Muestreo.....	20
E. Diseño Experimental.....	20
F. Datos a tomar.....	21

1. Porcentaje de daño.....	21
2. Porcentaje de pérdida.....	21
3. Contenido de humedad.....	22
4. Porcentaje de daño por hongos.....	22
G. Determinación y clase de microorganismos presentes en el grano.....	22
H. Procesamiento de los granos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
A. Incremento en el contenido de humedad en el grano durante el almacenamiento.....	24
B. Daño y pérdida de grano e incidencia de hongos.....	26
C. Características de los hongos de almacén identificados.....	36
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. RECOMENDACIONES.....	40
VII. RESUMEN.....	41
VIII. LITERATURA CITADA.....	42
IX. ANEXOS.....	45
X. APROBACION.....	53

INDICE DE CUADROS

PAG

Cuadro 1. Incremento de humedad en los diferentes tratamientos con relación a la humedad inicial del grano a través del tiempo de almacenamiento.....	26
Cuadro 2. Cuadrados medios para las variables porcentaje de daño, porcentaje de pérdida, porcentaje de daño causado por hongos, incremento de humedad.....	27
Cuadro 3. Medias totales de daño y pérdida para tratamiento de humedad en el grano almacenado.....	27
Cuadro 4. Media totales transformadas (arcoseno) del daño y pérdida para cada tratamiento de humedad en el grano.....	28
Cuadro 5. Incremento de daño a través del tiempo.....	32
Cuadro 6. Incremento de pérdida a través del tiempo.....	32
Cuadro 7. Separación de las medias totales de las variables daño y pérdida del grano almacenado en los diferentes tratamientos.....	35
Cuadro 8. Correlación entre los factores más importantes del experimento.....	35
Cuadro 9. Hongos predominantes en las diferentes humedades.....	38

INDICE DE FIGURAS

	PAG
Figura 1. Incremento del daño a través del tiempo.....	30
Figura 2. Incremento de la pérdida a través del tiempo..	31
Figura 3. Variación en el porcentaje de humedad relativa durante los meses de Junio a Diciembre de 1989 El Zamorano. Honduras.....	34

INDICE DE ANEXOS

	PAG
Anexo 1. Humedad relativa que permite el crecimiento común de los hongos de almacén.....	45
Anexo 2. Niveles de temperatura mínimo, óptimo y máxima para el desarrollo de las especies de hongos de almacén.....	45
Anexo 3. Hoja para el cálculo de daño y pérdida mensual.	46
Anexo 4. Metodología utilizada por el MRN para la toma y análisis de la muestra de grano de almacén...	47
Anexo 5. Variaciones en la humedad relativa del ambiente durante los meses del experimento.....	48
Anexo 6. Variables en estudio y observaciones tomadas en el transcurso del experimento. El Zamorano. Honduras, 1989.....	49

I. INTRODUCCION

Los granos y sus derivados constituyen un componente principal en la dieta de los habitantes latinoamericanos. El almacenamiento y conservación de los granos alimenticios ha adquirido en nuestra época una importancia fundamental. La necesidad imperiosa y cada día mayor de disponer de alimentos de calidad para el consumo humano de una población en constante crecimiento, obliga al hombre a buscar medios idóneos para conservar sus granos y semillas por un mayor tiempo con el mínimo de pérdida. En algunas zonas agrícolas los granos se cosechan con alto contenido de humedad y si no se realizan prácticas adecuadas para su secado éstos se deterioran rápidamente por causa de agentes biológicos.

Durante muchos años los agricultores individuales, compañías gubernamentales, privadas y todas aquellas instituciones involucradas en el cultivo de granos básicos enfocaron todos sus esfuerzos al aumento de la producción, olvidándose de un eslabón muy importante de la cadena alimenticia : la fase de post-producción.

El problema alimentario de Latinoamérica no se puede resolver solamente incrementando la producción en base a rendimiento por hectárea y por ampliación del área sembrada, sino también cuidando el producto de la cosecha.

Las pérdidas de los granos en la fase post-producción de los granos pueden ser causadas por diferentes factores

físicos, químicos, biológicos, microbiológicos, de ingeniería, y en general por una falta de conocimientos sobre la problemática.

En América Central los granos básicos mayormente cultivados son: maíz, frijol, sorgo, arroz y soya. En términos de área sembrada y toneladas producidas, el maíz es uno de los cultivos más importantes y proporciona el 60% de nutrimentos que suplen calorías y hasta el 50% del suministro diario de proteínas. En Honduras en el año 1984, correspondió al cultivo del maíz el 76.6% de la superficie sembrada de granos básicos (Unidad de Postcosecha, 1988).

La Unidad Postcosecha del Ministerio de Recursos Naturales(MRN) y la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) determinaron y evaluaron en dos periodos consecutivos (80-81 y 81-82) la pérdida de almacenamiento de maíz de los pequeños y medianos agricultores la cual alcanzó un 8.8% y 7.4%, respectivamente (Raboud et al., 1984).

Uno de los factores responsables de una gran cantidad de pérdidas en el maíz son los hongos que invaden el producto después de su madurez fisiológica, en el campo y en el almacén.

Se considera que los daños ocasionados por hongos pueden reducir un 2% la producción total de granos en el mundo (Ramírez, 1978).

Conociendo esta situación durante el periodo de almacenamiento de los granos, la Unidad Postcosecha comenzó

en 1983 un proceso de transferencia de tecnología orientada a aumentar la disponibilidad de alimentos a través de la reducción de las pérdidas por mal almacenamiento; como resultado de esta actividad, hasta finales de 1989, se han logrado transferir 20,000 silos metálicos con lo que no sólo se consigue asegurar el autoconsumo, sino que se logra vender algunos excedentes en periodos cuando los precios son mejores, y el producto de mejor calidad para el consumo (Unidad Postcosecha, 1989).

Los logros alcanzados hasta hoy por la Unidad Postcosecha han sido muy positivos. Su incidencia en la seguridad alimentaria, como el impacto más importante causado a nivel de la población meta, es sin duda la clave de su gran difusión y demanda.

En un sentido general, el presente estudio se realizó para estudiar la importancia de la humedad como el factor crítico que determina la contaminación por hongos del maíz almacenado en una estructura cerrada.

En términos específicos esta investigación incluyó los siguientes objetivos :

1. Determinar la incidencia de hongos en el grano de maíz almacenado a diferentes contenidos de humedad.
2. Determinar el porcentaje de daño y pérdida causada por hongos en almacén.
3. Identificar los géneros y si es posible las especies

de hongos más comunes en el grano de maíz almacenado.

4. Conocer el comportamiento de la humedad en el grano durante el período de almacenamiento.

Con la información obtenida se reforzará el conocimiento sobre hongos de almacén a nivel de los agricultores que utilizan el silo metálico como estructura de almacenamiento, reduciendo consecuentemente las pérdidas de grano causadas por estos agentes microbiológicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. El problema de pérdidas en granos almacenados.

La Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) de la Naciones Unidas ha estimado que el 10% de todos los granos cosechados se pierden antes de su consumo (FAO, 1977).

La magnitud de las pérdidas varía de país a país y de año a año, y estas son más altas en aquellos países que menos puedan afrontarlas, en parte porque los climas son favorables al deterioro de toda clase de productos almacenados, pero también debido a la falta de conocimientos y facilidades para reducir o prevenir tales pérdidas (Christensen, 1976).

La conservación adecuada de los granos almacenados en cualquier lugar del mundo depende esencialmente de la ecología de la región considerada del tipo de estructura de almacenamiento del tipo y condición del grano por almacenar y de la duración del almacenamiento (Moreno, 1986).

Los factores físicos más favorables que causan el deterioro y pérdida de grano en almacenamiento son la humedad y la temperatura. El desarrollo de los insectos y microorganismos, así como la respiración de los granos, se incrementa mucho más cuando estos dos factores actúan al mismo tiempo y en el mismo sentido (Mora, 1986).

Según Ramírez (1980), las causas principales de las pérdidas de granos almacenados en la mayoría de las áreas del mundo son la carencia de instalaciones y almacenes adecuados

para el manejo y conservación del producto, el alto contenido de humedad e impurezas del grano en el momento de almacenarlo, la presencia de plagas (insectos, hongos, bacterias, roedores y pájaros), el manejo deficiente de los granos, y el desconocimiento de los principios de conservación de granos.

B. Hongos asociados al deterioro de los granos

Los hongos que invaden granos se dividen en dos grupos: hongos de campo y hongos de almacén, la base de esta división es el contenido de humedad a la cual pueden crecer (Smith, 1963):

1. Hongos de campo

Estos hongos invaden los granos antes de la cosecha, mientras las plantas están creciendo en el campo o después de que el grano es segado y amontonado, pero antes de que sea trillado. Los hongos de campo que predominan varían de acuerdo con la cosecha, la región o localización geográfica, y el clima. La mayoría de los hongos de campo que invaden los granos incluyen especies de Alternaria, Cladosporium, Diplodia, Helminthosporium y Fusarium (Sánchez et al., 1971).

2. Hongos de almacén

Los hongos de almacén comprenden cerca de una docena de especies de Aspergillus, algunas especies de Penicillium. En estos no hay invasión importante antes de la cosecha, se

desarrollan en granos con un contenido de humedad en equilibrio de 70 a 90% de humedad relativa (Raboud et al.,1970).

Los factores que afectan el crecimiento de los hongos de almacén están relacionados, tienen influencia recíproca y son inseparables (Moreno , 1970).

C. Factores que tienen influencia en el desarrollo e invasión de hongos en los granos almacenados

El maíz es uno de los granos básicos que mayor demanda tiene en los países tropicales de Latinoamérica ; muchos antes se han preocupado por la producción y se han olvidado de la integración o proceso de postcosecha, que va desde la concentración del producto en los lugares de producción, almacenamiento, conservación, venta y transformación, hasta el consumo final. Claro está, la cadena de la postcosecha asume las características que le son propias de acuerdo a los hábitos de cada región o país (FAO, 1977).

Las mermas que se registran en la cadena de la postcosecha significan desaprovechamiento del trabajo humano; en muchos casos las medidas tomadas para la prevención de pérdidas y deméritos son insuficientes (FAO, 1971).

Hablar de prevención es anticipar problemas, evitarlos, y si no es posible, cuando menos controlarlos, tomando en cuenta todos los factores externos e internos que pueden influir en la conservación de los granos (Castro, 1987).

De acuerdo con Lacey et al. (1980), las principales condiciones que influyen en el desarrollo de los hongos de almacén en los granos almacenados son el contenido de humedad de los granos almacenados, la temperatura, el período de tiempo que el grano es almacenado, el grado de invasión por hongos de almacén que presente el grano antes de su arribo a un determinado sitio, la cantidad de material extraño presente en el grano, y las actividades de insectos y ácaros. Cada uno de estos está muy relacionado con la mayoría de los otros.

1. Contenido de humedad

En forma general este factor es el más importante, ya que se ha encontrado que los contenidos de agua en el grano superiores al 13% favorecen al desarrollo de los hongos, afectando su calidad (Christensen et al., 1964).

Según Lacey (1986), existe un contenido mínimo de humedad en los granos para el desarrollo de cada una de las especies comunes de hongos de almacén, por debajo del cual ellos no pueden crecer. Lacey, et al. (1980) clasifican los hongos de acuerdo con el requerimiento de humedad en: hidrófitos, cuando el mínimo de humedad relativa que requieren para su desarrollo óptimo es del 90% (levaduras), mesófitos, cuando el mínimo de humedad relativa que requieren es de 80 a 90% (Penicillium sp.), y xerófitos, cuando el mínimo de humedad relativa que requieren es menor del 80% (Aspergillus sp.). Christensen (1976), menciona que la mayoría de los hongos de

almacén crecen en equilibrio de humedad relativa entre un 70 a 90%; mientras, Moreno (1970) y Smith (1963), afirman que los hongos de almacén se desarrollan en un contenido de humedad del 68 al 70%. Por otro lado, Ramírez (1978) enuncia que el contenido de humedad relativa que permite el crecimiento de los hongos de almacén varía dependiendo de las especies, este rango va desde un 68 a 90% (Anexo No. 1).

Algunos investigadores mencionan que el crecimiento de Aspergillus sp. puede producirse a humedades relativas del 65-70% con un contenido de humedad del grano del 13.5% (Christensen y Kaufman, 1976). Mientras que las especies de Penicillium requieren para su desarrollo un contenido de humedad de 15-17%, pero pueden invadir los granos a temperaturas más bajas que las que requieren las especies de Aspergillus. Con una humedad relativa del 80 a 90% y temperaturas bajas las invasiones de Penicillium en maíz son más frecuentes (Mislivec y Tuite, 1980).

Las condiciones óptimas para el desarrollo de hongos de almacén ocurren cuando el contenido de humedad de la mayoría de los granos es de 15-20% en equilibrio con una humedad relativa de 75-80%; bajo estas circunstancias y una temperatura entre los 21 y 32°C, las esporas contenidas en los granos germinan y se desarrollan acelerando su crecimiento (Ramírez, 1980).

Se ha demostrado que el grano puede absorber la humedad del aire y así poder aumentar el contenido de agua que tenía

al momento de almacenarse (Christensen y López, 1964).

Se reporta que pequeñas diferencias de tan solo 0.2% de contenido de humedad representan una gran diferencia en el grado de desarrollo de hongos de almacén (Christensen, 1976). Así mismo el contenido de humedad casi siempre es mayor en las capas superficiales que en el fondo o en el centro del lote, pudiendo existir en este una diferencia del 3% o más.

Christensen (1976), menciona que por encima de 15% de humedad se desarrollan especies de Aspergillus glaucus, Aspergillus repens y Aspergillus ruber; estas especies se caracterizan porque forman peritecios amarillos en un contenido de humedad del 15.5-16.5% y temperaturas de 18°C.

Según algunos investigadores el contenido de humedad es diferente para que cada una de las especies de los hongos de almacén puedan desarrollarse (Moreno, 1970).

Semillas de maíz inoculadas con mezclas de hongos de almacén, y posteriormente almacenadas a un contenido de humedad de 15-16% de humedad y temperaturas de 20 a 25 °C, reducen la germinación en un 20 a 25% en tres meses (Raper et al., 1945).

Gasem y Christensen (1988), mencionaron que el maíz almacenado por dos años a contenido de humedad de 14% se obtiene una germinación del 88% en muestras libres de hongos de almacén.

De acuerdo con Castro (1987) los hongos de almacén más resistentes a la escasez de humedad son Aspergillus restrictus

y Aspergillus halophilicus; estos no pueden crecer a contenidos de humedad inferiores a aquellos en equilibrio con una humedad relativa de aproximadamente 65%.

2. Temperatura

Los hongos de granos almacenados crecen más rápido a temperaturas de 25 a 30 °C y su crecimiento es lento a 15 °C, mientras que a 10°C cesa su desarrollo. Algunas especies de Penicillium, las cuales requieren más humedad que las especies de Aspergillus, que son resistentes a condiciones más secas, pueden crecer a varios grados por debajo de la temperatura de congelación (Ramírez, 1980).

Cuando se desea almacenar grano con un contenido de humedad superior del 14 al 15% es preferible almacenarlos a temperaturas tan bajas como sea posible (Stakman y Harrar, 1968). Algunas especies de Aspergillus glaucus se desarrollan lentamente a temperaturas de 2 a 4 °C.

Los hongos de almacén como Aspergillus y Penicillium requieren un mínimo, un óptimo y un máximo de temperatura para su desarrollo. En el Anexo No. 2 se muestra los diferentes requerimientos de diferentes especies de hongos.

El bajo contenido de humedad y las bajas temperaturas previenen el daño de granos y semillas, por hongos de almacén (Moreno et al., 1982). Por ejemplo, maíz almacenado a 18.5% de humedad y a 8 °C es moderadamente invadido por Aspergillus glaucus dentro de seis meses. Algunos autores reportan a

Penicillium, Aspergillus, y Fusarium como productores de aflatoxinas en diferentes granos almacenados, con una humedad relativa del 85% y una temperatura de 12 a 42°C, con un óptimo de 25 a 32 °C (Moreno, 1979).

Los efectos preservadores del uso de la baja temperatura han sido conocidos por largo tiempo y el principio de la refrigeración igualmente ha sido aplicado desde hace tiempo a la preservación de muchos productos perecederos.

3. Período de tiempo que el grano es almacenado.

Entre mayor es el tiempo de almacenamiento mayor será la incidencia de hongos en almacén (Moreno, 1986); y mientras más alto es el contenido de humedad y temperatura del grano, el tiempo de almacenamiento sin correr el riesgo de ser dañado por hongos es más corto.

Cuando se almacena grano con humedad de 13 a 14% puede almacenarse por un año sin pérdida aparente; si se almacena con humedad entre 11 a 13% y temperatura de 20 a 22 °C puede durar por varios años sin problemas de ser dañados (Ramírez, 1978).

Un contenido de humedad que es seguro para el almacenamiento de un determinado lote de grano durante dos semanas puede no ser seguro para almacenarlo dos meses, y un contenido de humedad que puede ser seguro para almacenar un determinado lote por dos meses, puede no ser seguro para almacenarlo por dos años. Cuanto más largo vaya a ser el

período de almacenamiento, más bajo debe ser el contenido de humedad.

4. El grado de invasión por hongos de almacén que presente el grano antes de su arribo a un determinado sitio.

Cuando se almacena grano que ha sido parcialmente invadido por hongos de almacén se deteriora mucho más rápido que el grano libre de hongos (Genel, 1976).

El grano recién cosechado que ha estado almacenado de tal modo que ya ha sido invadido, ya se encuentra en las primeras fases del deterioro. Si posteriormente ese grano es almacenado bajo condiciones que permitan que el deterioro continúe, en ese grano se desarrollará más daño en un determinado período, o una determinada cantidad de daño en un período más corto; además, estará sujeto a que la invasión por los hongos de almacén y daños asociados continúen a contenidos de humedad y temperaturas más bajas que en el caso de un grano perfectamente sano (Castro, 1987).

5. Cantidad de material extraño presente en el grano

El material extraño consiste, principalmente en partículas más finas que los granos, tales como granos quebradas, semillas de malezas, fragmentos de plantas, partes de insectos de campo como grillos y chapulines, así como partículas de suelo. Este material es excelente para propiciar el desarrollo de hongos y de algunas especies de insectos y ácaros. Si este material se encuentra compactado,

el aire que se emplea en el silo para reducir la temperatura, no penetra a dicha zona y el deterioro puede iniciarse en tales lugares. Entre menos material extraño exista en el grano, es mejor para un almacenamiento prolongado (Genel, 1976).

6. Actividades de insectos y ácaros

De acuerdo a Christensen (1976), los insectos y ácaros afectan el desarrollo de los hongos del almacén de la siguiente manera: aumentan el contenido de humedad del grano, y acarrean esporas de hongos entre los granos sanos. Como todos los seres vivientes, los insectos y los ácaros transforman gran parte de su alimento en bióxido de carbono y agua, por lo tanto, aumentan el contenido de agua del grano en que viven.

D. Tipos de daño causado por hongos en los granos

De acuerdo con Christensen (1976), los principales tipos de daños causados por hongos que se desarrollan en granos almacenados son la reducción en el poder germinativo, el ennegrecimiento total o parcial de los granos, el calentamiento y hedor, los diversos cambios bioquímicos, la producción de toxinas las que al ser ingeridas pueden ser dañinas al hombre y a los animales domésticos, y la pérdida de peso. Todos esos cambios pueden ocurrir sin que los hongos responsables de esos cambios sean observados a simple vista.

E. Daños al hombre y animales

Se ha demostrado que las especies Aspergillus fumigatus, Aspergillus flavus y Aspergillus niger son patógenos al hombre y animales provocando la enfermedad llamada aspergillosis, cuando se consumen granos o productos elaborados dañados o afectados por estos hongos. Los síntomas que causan esta enfermedad son trastornos digestivos, respiratorios y nerviosos que causan serias consecuencias al hombre y animales (Smith, 1963).

Las diferentes especies de hongos que dañan o invaden a los granos dependen del tipo de grano y condiciones ambientales, y se les puede localizar tanto superficialmente como en el interior del mismo. En las regiones y estaciones húmedas su incidencia es mayor que en regiones o estaciones donde se cosechan bajo clima seco (Castro, 1987).

1. Producción de micotoxinas y efectos en organismos.

Las micotoxinas son sustancias químicas producidas por los hongos, las cuales pueden causar enfermedades y muerte en los humanos y a los animales cuando se consume en el alimento que las contiene. Los alimentos pueden contaminarse cuando los hongos se desarrollan en los cultivos en el campo, durante la cosecha, en el almacenamiento o durante el procesamiento. Se ha reportado la existencia de varias micotoxinas producidas por diversos grupos de hongos como son las del género

Diplodia, Fusarium, Penicillium, y las del grupo Aspergillus. De todas las micotoxinas solo once han sido encontradas en alimentos en forma natural, estas toxinas son aflatoxina, citrinina, ochratoxina A, estroigmatocistina, zearalenona, tricotecenos, patulina, ácido penicilico, alternorina, ácido teumajoico y ácido kojieu (Krog, 1987).

Según López y López (1982), las micotoxinas reportadas son muchas pero las aflatoxinas son las más estudiadas debido a los siguientes factores la frecuente contaminación del alimento destinado a los animales, la constante relación de las aflatoxinas con enfermedades en animales, la posible ocurrencia y transmisión de residuos de aflatoxinas en tejidos animales de importancia comercial, como posible factor de enfermedades en humanos (incluyendo cáncer) a causa de la frecuente ingestión de alimentos contaminados con aflatoxinas. Según Krog (1987), los daños que pueden causar las aflatoxinas son la reducción de la absorción y/o utilización de nutrientes, el incremento de los trastornos de la reproducción, la disminución del consumo del alimento, la reducción de la inmunocompetencia, y cáncer del hígado.

Observando la magnitud del problema, es necesario prevenir la contaminación por aflatoxinas, mediante diversos métodos en cada una de las etapas a las cuales es sometido el grano.

Se recomienda hacer rotación de cultivo, utilizar variedades resistentes, secado adecuado del grano lo cual es lo más

indicado para prevenir dichas sustancias, y la limpieza y desinfección de camiones que transportan el producto.

III. MATERIALES Y METODOS

A. Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el Valle de El Zamorano, a 36 km al sur - este de Tegucigalpa, capital de Honduras. La EAP está ubicada a 14° LN y 87° LO, y a 800 msnm. El rango promedio de temperatura oscila entre los 20°C y 34°C en los meses de verano, en los meses de invierno las temperaturas mínimas pueden bajar hasta 5°C.

B. Muestras de maíz

En el estudio se utilizaron 45.45 kg del híbrido de maíz H-27, proveniente de la cosecha realizada en diciembre de 1988 en las terrazas de San Nicolás pertenecientes al Departamento de Agronomía. Este producto fue cosechado a una humedad de 18% y fue secado a 12% de humedad, y luego fue almacenado en sacos en la bodega de la planta de semillas.

Las estructuras de almacenamiento utilizadas fueron doce silos con una capacidad de 3.63 kg cada uno, los cuales fueron proporcionados por la Unidad post-cosecha de Recursos Naturales y la Cooperación Suiza al Desarrollo. Los silos están contruidos de lamina lisa de zinc galvanizada, calibre 28.

Antes de almacenar el maíz se fumigó el grano con fosfamina, utilizando una pastilla de Phostoxin por 45.45 kg

de maíz, con el fin de prevenir el daño por insectos y poder evaluar mejor el daño causado por hongos de almacén. El grano se expuso por un periodo de tres días al fumigante.

El periodo de almacenamiento en los silos fue de siete meses que es el tiempo promedio de almacenamiento de maíz de los pequeños y medianos productores en Honduras (Unidad de Postcosecha, 1989).

Para tener una base de referencia antes de almacenar el grano, se cuantificó el daño y pérdida del grano utilizando la metodología de evaluación desarrollada por la Unidad Post-Cosecha (Raboud, 1970).

C. Tratamientos

La Unidad Post-Cosecha (MRN-COSUDE) está diseminando como parte de un programa de transferencia de tecnología dirigida a pequeños y medianos productores silos familiares (desde 818.18 kg hasta 1818.18 kg de capacidad), por lo tanto un conocimiento adecuado sobre el manejo de la humedad del grano es imprescindible para evitar las pérdidas de almacenamiento. Los tratamientos fueron las siguientes humedades del grano: 14%, 16% y 18%.

Catorce por ciento es el porcentaje de humedad máximo sin riesgo de pérdida para almacenar en estructuras herméticas.

Dieciseis por ciento es el porcentaje de humedad al cual la presencia de hongos de almacén alcanza niveles críticos ocasionando graves pérdidas de grano.

Dieciocho por ciento cuando hay presencia de hongos de almacén; el grano puede alcanzar porcentajes de humedad tan altos que puede provocar la deterioración total del producto en el almacén.

El grano utilizado tenía una humedad de 12% y para incrementar a la humedad deseada se empleó la siguiente fórmula:

$$Pf = Pi(100 - Hi) / (100 - Hf)$$

Donde:

Pf= Peso final (g)

Pi= Peso inicial (g)

Hi= Humedad inicial (%)

Hf= Humedad final (%)

Dos días después de agregar el agua, se midió la humedad para comprobar si en realidad se había alcanzado la humedad requerida.

D. Muestreo

Cada uno de los silos fue muestreado mensualmente por un periodo de siete meses para determinar el porcentaje de daño, pérdida y tipos de hongos presentes. La metodología de evaluación de daño y pérdida que se usó fue la desarrollada por la Unidad Postcosecha del MRN -COSUDE (Anexos 3 y 4).

E. Diseño experimental

Se empleó un diseño de parcelas divididas completamente

al azar, con cuatro repeticiones, utilizando una variedad de maíz bajo tres niveles de humedad.

F. Datos a tomar

Mensualmente se tomaron los siguientes datos:

1. Porcentaje de daño y pérdida.
2. Porcentaje de humedad.
3. Daño causado por hongos.

Se realizó una evaluación inicial de las 45.45 kg del grano utilizado para obtener un punto de partida y determinar el nivel de daño y pérdida al momento de almacenar, de esta forma se aprecia mejor la evolución de las pérdidas durante el almacenamiento.

1. Porcentaje de daño

Se calculó dividiendo el número de semillas dañadas (N(d)) por las 500 semillas que componen las muestras y luego se multiplica por 100.

$$\frac{N(d) * 100}{500}$$

2. Porcentaje de pérdida

La multiplicación del número de semillas dañadas por el peso promedio de grano no dañado (peso P(d)) menos el peso de grano recuperable (peso(grecu)) entre el peso potencial de los 500 granos (peso P(d+nd)) por 100

$$\frac{\text{Peso } P(d) - \text{Peso}(grecu)}{\text{Peso } P(d+nd)} \times 100$$

3. Contenido de humedad:

En cada muestra se midió el porcentaje de humedad usando el determinador de humedad Steinlite.

4. Porcentaje de daño por hongos

El porcentaje de daño de la muestra se relacionó con el porcentaje de daño causado por hongos de almacén.

G. Determinación y clase de microorganismos presentes en el grano.

Para determinar que hongos se encontraban en las muestras de grano se hizo un medio de cultivos en platos petri preparados de la siguiente forma: 40 g de cloruro de sodio, 45 g de extracto de malta - agar en 1000 ml de agua destilada.

En un litro de agua se disolvió el cloruro de sodio y el extracto de malta agar mezclándolo vigorosamente con el fin de obtener una mezcla homogénea; luego se colocaron en el autoclave por 20 minutos, con el fin de esterilizarlos.

H. Procesamiento de los granos

Cada uno de los tratamientos fue cultivado en platos petri por separado, sembrando 5 granos por plato y 20 granos por repelición. Antes de sembrar los granos fueron

desinfectados con hipoclorito de sodio y agua destilada estéril; la concentración del hipoclorito fue 0.26%. Los granos se pasaron por agua destilada estéril, cada uno de los granos se trasladó del plato con una pinza flameada antes de mover el grano, luego el grano se pasó por hipoclorito, durante cinco segundos y por último por agua destilada estéril, teniendo el cuidado de cambiar estas soluciones cada 5 granos para evitar contaminación.

Una vez realizadas las siembras de los tres tratamientos, estos se incubaron a una temperatura de 28 °C por un periodo de 3 - 5 días, al término del cual se contaron e identificaron los hongos presentes en las semillas con la ayuda de las claves de Raper, et al.(1945), Thom y Raper(1960) y Smith (1963).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Muchos problemas que surgen en el almacenamiento del grano de maiz son el resultado de los cambios climatológicos característicos de estas zonas tropicales, en las que prevalecen condiciones de alta temperatura y humedad; básicamente, el estado de los alimentos almacenados está regido, la mayoría de las veces, por el microclima que impera en almacenes y bodegas.

4. A. Incremento en el contenido de humedad en el grano durante el almacenamiento

Los resultados del incremento de humedad en cada uno de los tratamientos a través del tiempo de almacenamiento se muestran en el Cuadro 1. Se observa que el contenido de humedad en el grano se incrementó significativamente en el tratamiento con 18% de humedad inicial a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, inclusive llegó a tener hasta más de 4 veces las de los tratamientos con humedades de 14% y 16%, al final del estudio.

Con los resultados obtenidos podemos decir que un grano con un contenido de humedad de 18% puede ser almacenado por un período seguro de un mes, según la literatura un contenido de humedad que es seguro para el almacenamiento de granos durante dos semanas puede no ser seguro para almacenarlo por meses, así sucesivamente; y que cuanto más largo sea el período de

almacenamiento, más bajo debe ser el contenido de humedad inicial del grano que se almacena (Christensen, 1976).

Tal como estaba previsto el grano se almacenó con una humedad inicial de 14%, 16% y 18%, respectivamente; pero, a partir del primer mes hubieron variaciones en los contenidos de humedad. En el tratamiento de 14%, se observó una humedad en el primer mes de 13.4% ocurriendo variaciones durante los siete meses de almacenamiento hasta llegar a 13.8%.

En el tratamiento de 16%, se observó una humedad en el primer mes de 14.9% presentando variaciones durante los siete meses de almacenamiento hasta llegar a 16.0% y en el tratamiento de 18% se observó una humedad en el primer mes de 19.4% con variaciones durante los siete meses de almacenamiento hasta llegar a 67.5%.

Con los resultados obtenidos podemos observar que los granos con humedad inicial en el grado de 14% y 16% tuvieron una variación de humedad que se debió probablemente a un desbalance en el momento de ajustar la humedad del tratamiento; estos resultados coinciden con las recomendaciones de la FAO (1971), donde se cita que todo grano almacenado tiende a alcanzar un equilibrio entre la humedad que contiene y el vapor de agua existente en el aire que le rodea; el grano tiende a perder agua con un contenido de humedad inicial bajo, lo contrario ocurre cuando el contenido de humedad es alto; prueba de ello es el resultado obtenido en el tratamiento de 18%, cuya humedad aumentó con mayor

rápidez ya que el grano tenía un alto contenido de humedad inicial.

Cuadro 1. Incremento de humedad en los diferentes tratamientos con relación a la humedad inicial del grano a través del tiempo de almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento(meses)						
	1	2	3	4	5	6	7
	Porcentaje de humedad en el grano						
14% humedad	13.4	13.9	13.6	13.4	13.6	13.4	13.8
16% humedad	14.9	15.4	15.1	15.3	15.5	15.7	16.0
18% humedad	19.4	24.2	28.8	38.2	47.5	57.5	67.5

B. Daño y pérdida de grano e incidencia de hongos

En el Cuadro 2, se observa que el porcentaje de daño, porcentaje de pérdida e incidencia de hongos en el híbrido H-27, cambia a medida que la humedad se incrementa a través del tiempo. Los resultados de nivel de daño, pérdida y la presencia de microorganismos en el grano fueron determinados por la humedad presente en el grano y el periodo de almacenamiento lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Ramirez (1978) quien reporto que el grano con un contenido de humedad alto crea condiciones favorables para el desarrollo de hongos, y todavía hace falta menos para el desarrollo de insectos.

El Cuadro 3, muestra en porcentaje la media total de daño y pérdida para cada tratamiento. Debido a la alta variabilidad de los valores promedios de daño y pérdida

obtenidos, estos se transformaron a la forma de arcoseno para realizar un análisis comparativo más significativo, estadísticamente (Cuadro 4). Estos dos cuadros, muestran que el mayor daño y pérdida de grano ocurrió en el tratamiento con 18% de humedad, en el que debido a un mayor contenido de humedad inicial del grano en el almacenamiento presentó un mayor grado de invasión de hongos tal como lo cita Ramírez (1980) concluyendo que el contenido de humedad promueve el desarrollo de los hongos.

Cuadro 2. Cuadrados medios para las variables porcentaje de daño, porcentaje de pérdida, porcentaje de daño causado por hongos e incremento de humedad.

F.V	G.L	Porcentaje daño	Porcentaje pérdida	Porcentaje hongos	Humedad
Humedad(H)	2	36923.8**	3949.3**	47801.8**	2478.6**
Error a	9	71.4	71.9	28.0	11.3
Tiempo(T)	6	1113.4**	1430.0**	267.2**	143.2**
Inter(H*T)	12	430.1	486.0	42.6	132.6
Error b	54	9.0	10.8	9.8	1.1
C.V (%)	-	5.17	5.80	5.13	3.85

**Significativo al 0.01 nivel de probabilidad.

Cuadro 3. Medias totales de daño y pérdida para cada tratamiento de humedad inicial en el grano almacenado durante siete meses.

Tratamiento	Daño	Pérdida
14%	9.0	3.5
16%	81.0	76.2
18%	97.9	95.0

Cuadro 4. Medias totales transformadas (arcoseno) del daño y pérdida para cada tratamiento de humedad inicial en el grano.

Tratamiento	Daño	Pérdida
14%	17.4	14.1
16%	70.4	68.1
18%	86.9	86.5

Los daños observados fueron proporcionales al contenido de humedad, el grano con un contenido de humedad de 16% sufrió un deterioro y una invasión de microorganismos mucho más rápida que aquel que fue almacenado a 14%, observándose que lo reportado por la FAO, 1971 concuerda con lo obtenido en el ensayo en donde el periodo de almacenamiento se acorta a mayor humedad.

Un análisis independiente para daño y pérdida a través del tiempo fue realizado. El tiempo de almacenamiento fue un factor muy importante en el ensayo, ya que a través de éste se pudo observar el efecto de los tratamientos de humedad inicial en el grano.

El daño se incrementó a medida que transcurrió el tiempo alcanzando un valor máximo de 90 (arcoseno) en el tratamiento con humedad inicial de 18%. Sin embargo, este daño no fue significativamente diferente que el tratamiento con humedad inicial de 16% a partir del cuarto mes de almacenamiento (Cuadro 5).

El daño en el tratamiento con humedad de grano inicial de 14% fue significativamente inferior a los otros dos, y varió entre 16 a 20% durante los siete meses de almacenamiento. Los resultados de las pérdidas de grano fueron significativamente diferentes; estas pérdidas se incrementaron con el transcurso del tiempo de almacenamiento con diferencias similares a las indicadas para el daño del grano (Cuadro 6). Ambas situaciones sugieren que el grano con un contenido de humedad de 16 a 18% no puede ser almacenado en forma segura ni siquiera por un mes, sin observar daños y pérdidas apreciables (mayor que 20%). Los incrementos de daño y pérdida a través del tiempo también se muestran en las Figuras 1 y 2.

Durante los tres primeros tres meses hubo diferencia significativa entre los tres tratamientos de humedad, observándose que a mayor humedad del grano se presentaron los mayores daños y pérdidas (ver también los cuadros 5 y 6). Las diferencias en el incremento de daño y pérdida entre los tratamientos de 16 y 18% de humedad del grano solo fueron significativos hasta los tres meses; a partir del cuarto mes ambos tratamientos presentaron daños y pérdidas similares pero significativamente superiores al tratamiento de 14% de contenido de humedad inicial en el grano.

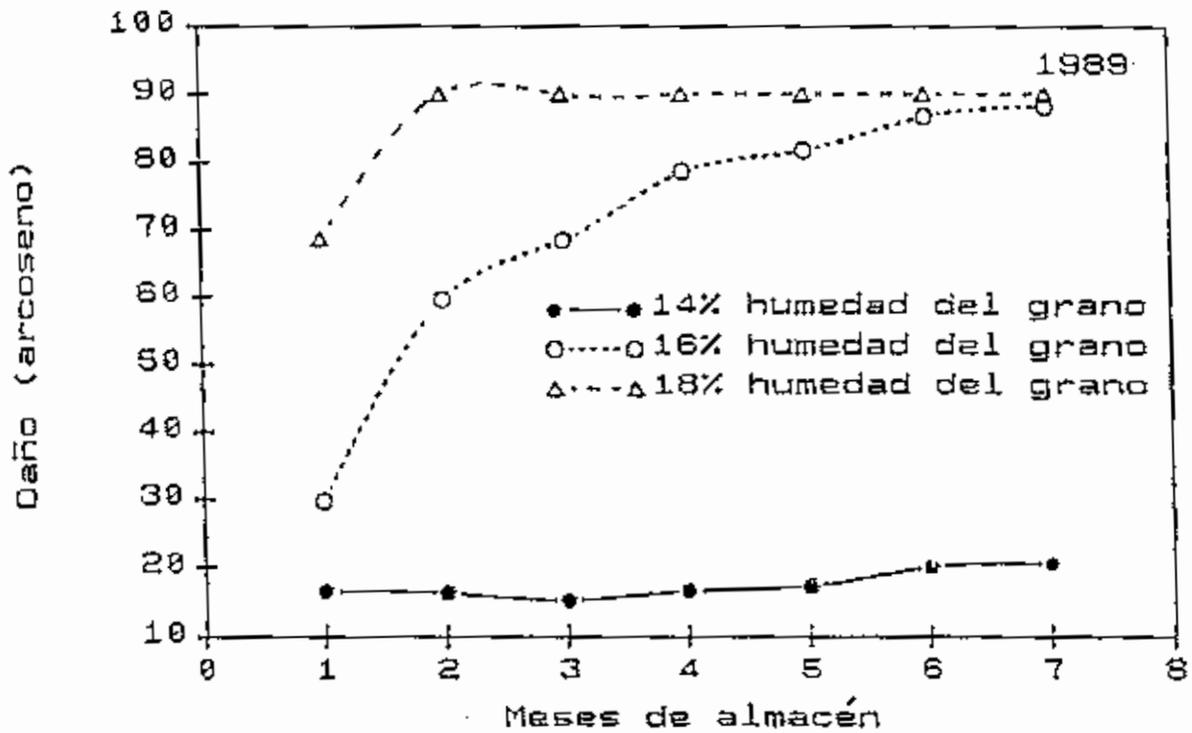


Figura 1. Incremento de daño a través del tiempo

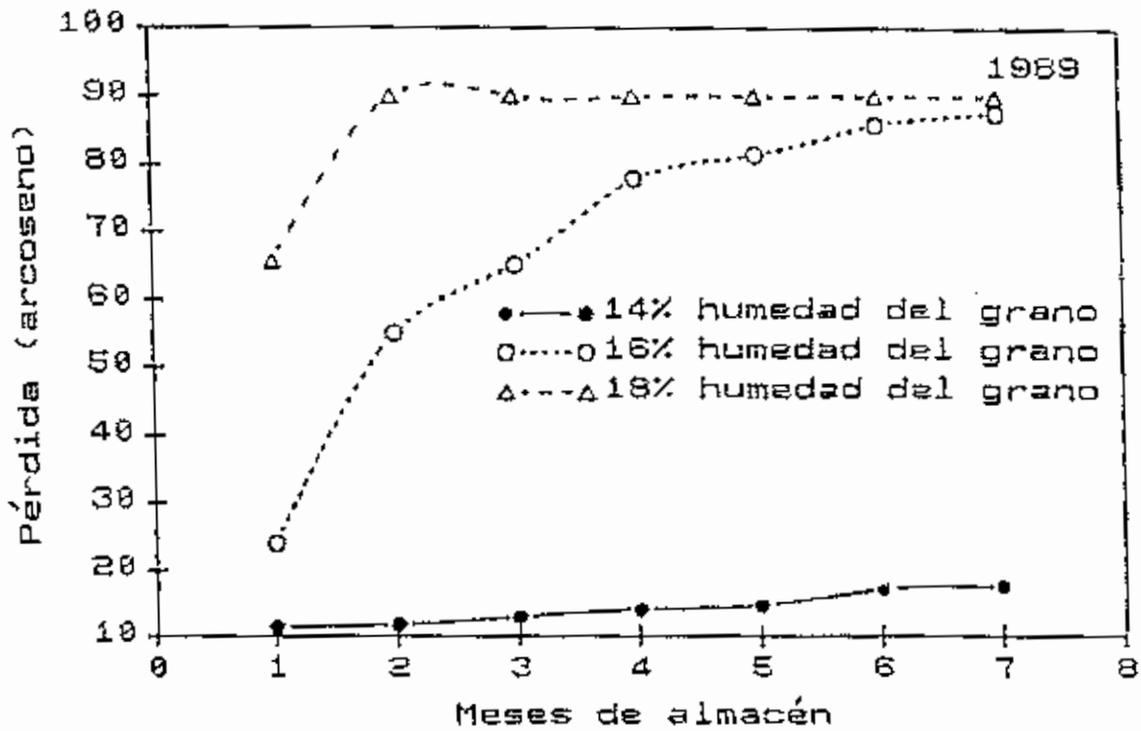


Figura 2. Incremento de pérdida a través del tiempo

Cuadro 5. Incremento de daño en el grano a través del tiempo de almacenamiento en siete meses.

Tratamiento	Tiempo (meses)							X
	1	2	3	4	5	6	7	
	Daño en el grano							
14%	16.5	16.2	15.2	16.5	17.1	20.0	20.5	17.4
16%	29.7	59.5	68.4	78.7	81.7	86.7	88.1	70.4
18%	68.8	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	86.9
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	
DMS(.05)	2.9	3.5	3.4	12.9	9.4	5.4	5.0	

** Significativo al nivel de probabilidad $P < .01$
 Datos transformados usando arco - seno.

Cuadro 6. Incremento de pérdida en el grano a través del tiempo de almacenamiento en siete meses.

Tratamiento	Tiempo (meses)							X
	1	2	3	4	5	6	7	
	Pérdida de grano							
14%	11.4	11.8	12.9	14.1	14.7	17.2	16.8	14.1
16%	24.2	55.0	65.3	77.9	81.1	85.8	87.5	68.1
18%	65.8	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	86.5
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	
DMS(.05)	2.9	3.5	3.4	12.9	9.4	5.4	5.0	

**Significativo al nivel de probabilidad $P < .01$
 Datos transformados usando arco - seno.

Las medias totales de daño y pérdida por tratamiento a través de los siete meses se muestran en el Cuadro 7, donde se observan las diferencias entre tratamientos. El tratamiento con humedad inicial de 18% fue el que presentó el daño y la pérdida más elevada.

Las variables que presentaron correlaciones significativas fueron la pérdida y daño con la presencia de hongos, (Cuadro 8).

La principal causa del incremento de daño y pérdida del grano de maíz almacenado fue la humedad; entre más alta fue la humedad el daño y la pérdida fueron mayores. De acuerdo a Castro (1987) el movimiento de humedad dentro de los silos es afectado por la humedad relativa y el equilibrio que tiende a existir entre el grano y el ambiente que lo rodea. En el mes de septiembre hubo un mayor incremento en el daño, debido al incremento de la humedad relativa hasta 79% (Fig. 3 y Anexo 5). Barnes (1967) comenta que en los climas con alta precipitación, es difícil evitar que el producto almacenado absorba humedad del aire, de modo que, durante un almacenamiento prolongado, es seguro que la biodescomposición constituye un problema de mucha importancia ya que es difícil ejercer el control necesario durante el almacenamiento, a nivel del agricultor la práctica más recomendable bajo estas circunstancias es la de proteger el silo del sol y la lluvia, si fuera posible construirle una estructura cerrada donde colocarlo.

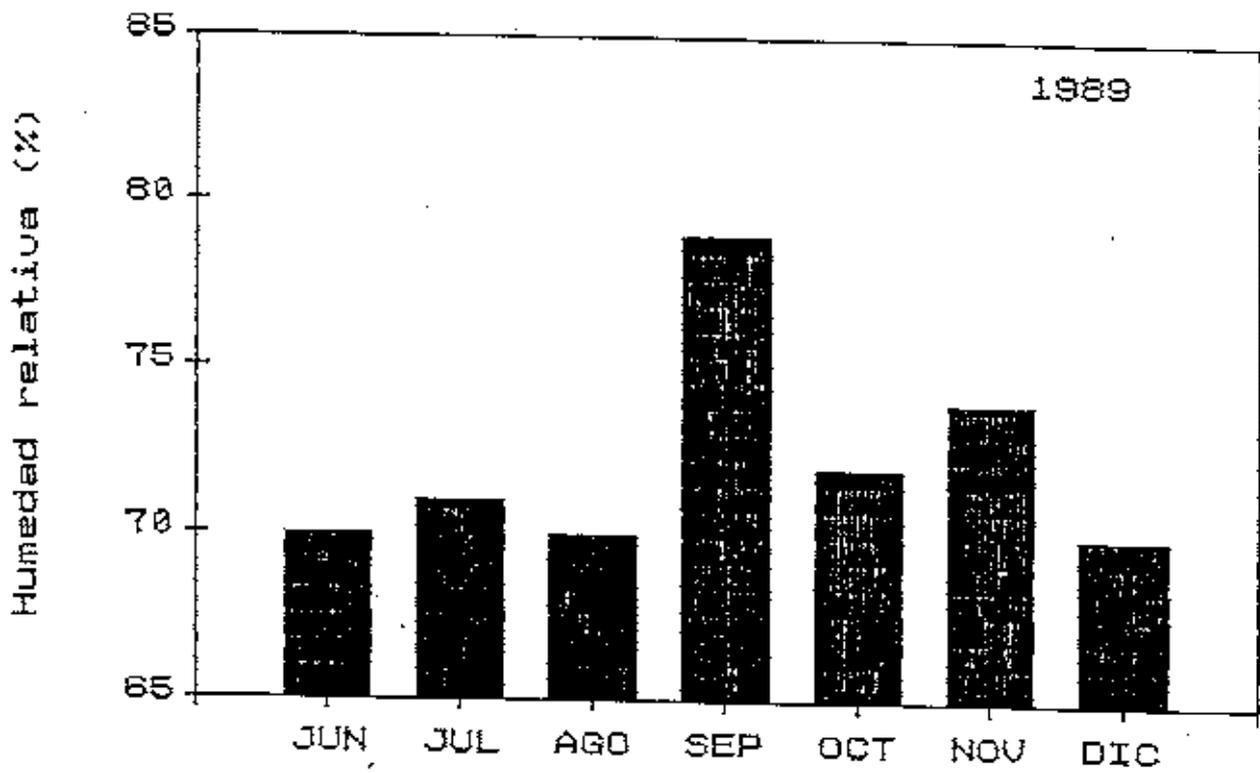


Figura 3. Variación en el porcentaje de Humedad Relativa durante los meses de Junio y Diciembre de 1989 El Zamorano, Honduras

De acuerdo a Christensen (1974), es común que existan cambios rápidos y grandes en el contenido de humedad del grano en volúmenes de grano donde hay grandes diferencias en temperatura y humedad relativa.

Al finalizar el período de almacenamiento los porcentajes de daños y pérdidas en los tratamientos de 16% y 18% de contenido de humedad fueron también muy grandes.

Cuadro 7. Separación de las medias totales de las variables daño y pérdida del grano almacenado en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Daño
18%	86.9 A
16%	70.4 B
14%	17.4 C

Tratamiento	Pérdida
18%	86.5 A
16%	68.1 B
14%	14.2 C

Cuadro 8. Correlaciones entre las variables y factores más importantes del experimento.

	Presencia de hongos	Humedad
Daño	0.95**	0.59**
Pérdida	0.94**	0.60**

4. C. Características de los hongos de almacén
identificados

Los hongos de almacén como todo organismo vivo tienen que contar con un abastecimiento de humedad y una temperatura adecuada para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Las características morfológicas de las especies de hongos observadas en el medio de cultivo y en el microscopio concuerdan con las descritas por algunos autores (Raper y Thom, 1945), a continuación se enumeran las más importantes.

Aspergillus glaucus

Este hongo posee colonias de un color verde azul, las que en un momento pueden ser planas arrugadas, y las áreas viejas son amarillas - verdosas a verde - gris. Poseen conidióforos septados, lisos y de pared delgada; la vesícula sobresale del conidióforo y su cuerpo.

Aspergillus flavus

Las colonias de este hongo son de un color verde amarillo, al inicio se pueden observar de un color amarillento, posteriormente oscuras y al final verde. Los conidióforos son rugosos, la vesícula es globosa con cabeza conidial radiada o columnar.

Penicillium sp.

Las colonias son de un verde intenso y a medida que envejecen se tornan oscuras (grises) y el reverso de las colonias se tornan amarillas, los conidióforos son lisos, no ramificados, presentan fialides con conidios .

Otros microorganismos

En las primeras muestras se pudo detectar la presencia de Fusarium sp. que a pesar de estar clasificado como un hongo de campo también puede incidir en el almacén.

A medida que el daño y la pérdida se incrementaron hubo una relación positiva entre el crecimiento y desarrollo de los hongos. Hubo una correlación de 0.95 entre el incremento de daño y el incremento de hongos y de 0.94 entre la pérdida y el incremento del desarrollo de los hongos (Cuadro 8).

El grado de invasión y daño por hongos son proporcionales al contenido de humedad, a la temperatura y al periodo de almacenamiento.

En el laboratorio se identificaron las especies de hongos predominantes que se desarrollaron en cada tratamiento. En la humedad de 14% el hongo predominante fue Aspergillus glaucus, en la humedad de 16%, Aspergillus flavus, y en la humedad de 18%, Penicillium sp. (Cuadro 9). Esta información concuerda con las especies de hongos y los requisitos de humedad respectivos reportados por Mislivec y

Tuite (1980).

Cuadro 9. Hongos predominantes en las diferentes humedades.

Tratamientos	Hongos predominantes
14%	<u>Aspergillus glaucus</u>
16%	<u>Aspergillus flavus</u>
18%	<u>Penicillium sp.</u>

Para determinar la predominancia se evaluaron 80 granos. Si 40 o más estaban infectados con una determinada especie, dicho hongo se consideraba el predominante.

A V. CONCLUSIONES

En base a los resultados discutidos anteriormente, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El maíz almacenado en silos metálicos a un 14% de humedad o menos por un periodo de siete meses no sufre problemas de daño por hongos.
2. No se debe almacenar maíz en silos metálicos con una humedad de 18% ya que esto contribuye a un deterioro significativo del producto en un mes.
3. Si se almacena maíz en la época seca con un porcentaje de humedad entre 14% y 16% no se aprecian daños significativos causados por hongos; pero al llegar la época lluviosa el producto se deteriora rápidamente.
4. Los cambios bruscos de humedad relativa y temperatura que sufre el medio ambiente afecta la estabilidad y conservación del grano.
5. Cada uno de los microorganismos encontrados requieren un contenido de humedad del grano diferente. El género Aspergillus sp. predominó en las primeras etapas de deterioro del grano y Penicillium sp. en las etapas finales.

BIBLIOTECA WILSON POPENDE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

VI. RECOMENDACIONES

1. Para evitar la presencia de cualquier tipo de microorganismo en el maíz almacenado en silos metálicos es necesario secar muy bien el grano (al 14% o menos).
2. Si se almacena grano en época lluviosa debe hacerse con un contenido de humedad debajo de 14% para evitar la proliferación de hongos de almacén.
3. En próximos ensayos utilizar tratamientos con contenidos de humedad de 14.5, 15.0, 15.5 y 16.5%.
4. Realizar un experimento similar a nivel de agricultor.

VII. RESUMEN

El presente estudio se llevo a cabo en El Zamorano, Honduras. El objetivo principal fue determinar el porcentaje de daño y pérdida causados por hongos de almacén en maíz. El híbrido H - 27 fue utilizado como material de estudio, sometido a diferentes humedades: 14%, 16% y 18%, durante siete meses.

El daño y pérdida fueron altamente significativos a los dos meses en el tratamiento de 18% de humedad; esto se debió al incremento de humedad y a los microorganismos que se presentaron durante el almacenamiento, los cuales causaron un rápido deterioro del grano.

Los resultados fueron los siguientes: un daño promedio de 97.9% y una pérdida de 95% en el maíz con 18% de humedad; en el maíz con 16% un daño promedio de 81% y una pérdida de 76.2%; en el grano con 14%, aún a los siete meses de almacenamiento no se presentaban daños y pérdidas significativas.

Los microorganismos identificados durante el experimento se caracterizaron por tener requerimientos específicos de humedad: Aspergillus glaucus apareció en la humedad más baja(14%), Aspergillus flavus fue el más común en la humedad de 16%, y Penicillium sp. en la humedad más alta, 18%. Los cambios de humedad relativa y temperatura fueron dos factores que contribuyeron en gran parte al deterioro del grano a través del tiempo de almacenamiento.

VIII. REVISION DE LITERATURA

- BARNES, J.M. 1967. Toxic fungi with special reference to aflatoxin. Trop. Sci., 9: 64 - 74.
- BOLLER, R.A. y H.W. SCHROEDER. 1974. Influence of temperature on production of aflatoxin in rice by Aspergillus parasiticus. Phytopathology 64:283-286.
- CASTRO, J. 1987. Estrategia tecnológica para la prevención de pérdidas de granos postcosecha en México. 39 - 41 pp. Memoria Encuentro Latinoamericano sobre el almacenamiento y conservación de granos básicos. México, 21-25 de Septiembre de 1987.
- CHRISTENSEN, C. M. 1976. Contaminación por hongos en granos almacenados. Editorial Pax - Mex. México. 199p.
- CHRISTENSEN, C. M. y H. H. KAUFMAN. 1976. Microflora in storage of cereal grains and their products. Christensen C. M. Assoc. Cereal Chem, U.S.A. 158 -192p.
- CHRISTENSEN, C. M. y L. C. LOPEZ. 1964. Daños que causan en México los hongos de granos almacenados. Editorial Rabasa. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional. México. 27p.
- FAO, 1971. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. Italia. 389 p.
- FAO, 1977. Anuario de producción. Vol.33:293 p.
- GENEL, M.R. 1976. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Compañía Editorial Continental, España, 36 p.
- KROG, P. 1987. Mycotoxins tolerances in feedstuffs. Ann. Nutr. Alim. 31:411 - 414.
- LACEY, J., S. T. HILL y M. A. EDWARDS. 1980. Microorganismos in stored grains: Their enumeration and significance. Tropical Stored Product Information, London, 39:19-32.
- LACEY, J. 1986. Plant disease and advanced. Treatise volumen IV. Academia Press. Kentucky, USA. 393 - 399 p.
- LOPEZ, R y L. C. LOPEZ. 1982. Efecto de las aflatoxinas sobre gallinas en postura. Tec. Pec. en México. pp. 28-32.

- MISLIVEC, P. B. y J. TUIITE. 1980. Species of Penicillium occurring in freshly harvest and in stored dent corn kernel. Mycology 62:67-74.
- MORA, A. M. Y Z. R. ECHANDI. 1986. Evaluación del efecto de condiciones de almacenamiento sobre la calidad de semillas de arroz y maíz. Turrialba 26:413-416.
- MORENO, A. 1986. Almacenaje de maíz en el trópico con y sin control de humedad. Agricultura Técnica en México 7:15-43-45.
- MORENO, E.M., G.S., RAMIREZ, M. MENDOZA y VALENCIA. 1982. Efecto de fungicidas sobre la conservación de semillas de maíz previamente invadidas por hongos de bodegaje. Turrialba 32:97-101.
- MORENO, E. M. 1979. Efecto de los hongos de almacén sobre la viabilidad de las semillas de maíz y soya. Bol. Soc. Mex. Mic. 13:195-203.
- MORENO, E. 1970. Los hongos y la calidad de los granos y semillas. Bol. Soc. Méx. Mic. (1)127-135.
- GASEM, S. A. y C. M. CHRISTENSEN. 1988. Influence of moisture content, temperature and time on the deterioration of stored corn by fungi. Phytopathology 48:544-549.
- RABOUD, G., NARVAEZ, M. y SIEBER, J. 1970. Evaluación de las pérdidas post-producción de maíz a nivel de pequeños y medianos productores en Honduras (América Central). Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE), Secretaría Recursos Naturales, Vol. 8. Honduras, C.A.
- RAMIREZ, G. M. 1978. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Edit. CECSA México. 300p.
- RAMIREZ, M. M. 1980. Insectos y almacenamiento de granos. Naturaleza 12(2):92-102.
- RAPER, K.B., C. THOM y D. I. FENNAL. 1945. A manual of the Penicillia. The Williams Wilkins Co. USA 875p.
- SANCHEZ, D. R., E. M. MORENO y Z. M. ZENTENO. 1971. Estudios sobre el almacenamiento de semilla de soya de la variedad tropicana. Bol. Soc. Mex. Mic. 5:47- 55 p.

- SMITH, G. 1963. Introducción a la micología industrial. Edit. Acribia, España. 443p.
- STAKMAN, E. C. y J. C., HARRAR. 1968. Principios de patología vegetal. Edit. Eudeba, Argentina. pp 21-24 y 399-415.
- THOM, C. y K. B. RAPER. 1945. A manual of the Aspergilli. The Williams Wilkins Co. USA. 331p.
- UNIDAD POSTCOSECHA. 1989. Reunión de coordinadores post-cosecha en Comayagua y El Zamorano, Honduras. pp. 10-5.

ANEXO 1. Humedad relativa que permite el crecimiento común de los hongos de almacén.

<u>Aspergillus restrictus</u>	70%
<u>Aspergillus glaucus</u>	73%
<u>Aspergillus candidus</u>	80%
<u>Aspergillus flavus</u>	85%
<u>Aspergillus sp.</u>	80-90 y 95-100%

ANEXO 2. Niveles de temperatura mínima, óptima y máxima para el desarrollo de las especies de hongos de almacén.

	Mínimo	Óptimo	Máximo
<u>Aspergillus glaucus</u>	0-5°C	30-35°C	40-45°C
<u>Aspergillus restrictus</u>	5-10°C	30-35°C	40-45°C
<u>Aspergillus candidus</u>	10-15°C	45-50°C	50-55°C
<u>Aspergillus flavus</u>	10-15°C	40-45°C	45-50°C
<u>Penicillium sp.</u>	5-0°C	20-25°C	35-40°C

ANEXO 3 Hoja para el cálculo de daño y pérdida mensual

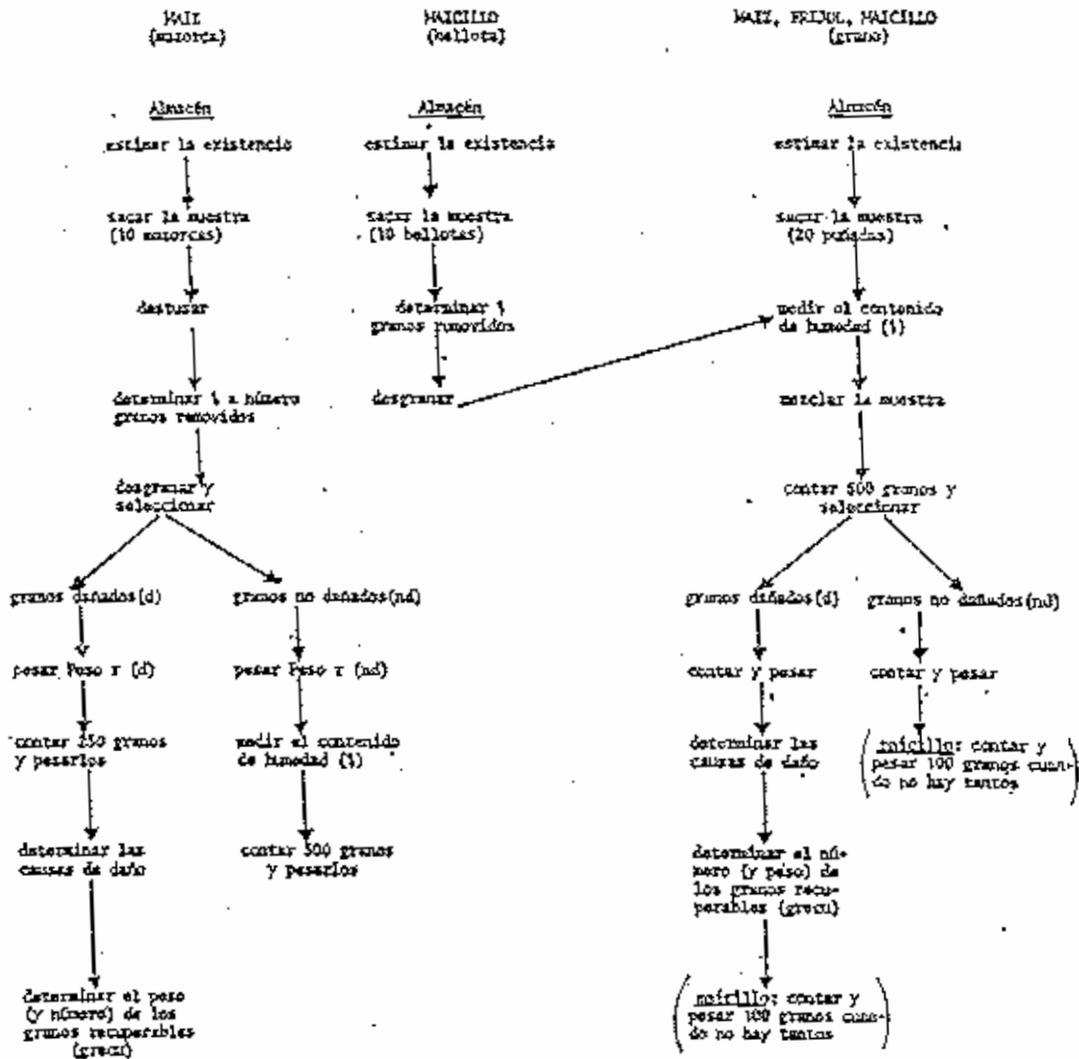
MAIZ, FRIJOL, MERICILLO: Hoja de Cálculo de Pérdida de Almacén

Nombre: _____ Fecha de Almacenamiento: _____
 Código: _____ Forma de Almacenamiento: _____
 Cultivo. Variedad: _____ Fecha de muestreo: _____
 Muestreo No.: _____

Producto Desgranado		Producto Desgranado	
		Registro	Cálculo
S O O	Número dañados (d)		Peso X grano (d)
	Peso r (d)		Peso X grano (nd)
	Número no dañados (nd)		Peso P (d) x N(d) x Peso X grano (nd)
	Peso r (nd)		Peso P (d + nd)
1) Número Granos Recuperables			% daño de la muestra: $N(d) \times 100$ 500
Peso (gracu)			
Contenido de humedad %			% Pérdida de la muestra: $\frac{\text{Peso P(d)} - \text{Peso(gracu)}}{\text{Peso P(d + nd)}} \times 100$
Existencia			
Causa de daño		Caus.	No.
a) Pregerminados			
b) Hongos de campo			
c) Hongos de mazorcas muertas			
c) Hongos de almacén			
e) Insectos de campo			
f) Insectos de almacén			
g) Otros (especifique) o causas múltiples			
		TOTAL	100%
			Total daño

Anexo 4. Metodología utilizada por el MRN para la toma y análisis de la muestra de grano de almacén.

PERDIDA EN EL ALMACÉN



Anexo 5

Variaciones en la humedad relativa del ambiente durante los meses del experimento

Mes	Humedad Relativa
Junio	70%
Julio	71%
Agosto	70%
Septiembre	79%
Octubre	72%
Noviembre	74%
Diciembre	70%

Anexo 6. Variables en estudio y observaciones tomadas en el transcurso del experimento. El Zamorano, Honduras, 1989.

LISTA DE VARIABLES

VAR	DESCRIPCION
1	Tiempo
2	Repetición
3	Tratamientos
4	Daño del grano (arcoseno)
5	Pérdida del grano (arcoseno)
6	Daño causado por hongos en el grano (arcoseno)
7	Humedad del grano (%)

Anexo 6 (continuación)

1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	15.8	13.0	9.5	22.0
1	1	2	30.9	25.7	73.2	22.7
1	1	3	71.2	69.6	77.5	27.8
1	2	1	18.4	10.6	3.6	21.5
1	2	2	28.2	23.5	64.3	22.8
1	2	3	70.4	65.9	81.4	24.9
1	3	1	16.0	11.9	9.3	21.4
1	3	2	29.7	23.1	67.5	22.9
1	3	3	67.1	64.1	75.2	24.8
1	4	1	15.8	10.1	9.8	21.5
1	4	2	30.3	24.4	65.4	22.7
1	4	3	66.6	63.8	79.5	26.9
2	1	1	16.0	12.3	18.9	22.5
2	1	2	60.0	56.0	77.3	23.4
2	1	3	90.0	90.0	90.0	31.8
2	2	1	19.9	14.9	7.5	21.9
2	2	2	54.3	50.7	76.9	23.2
2	2	3	90.0	90.0	90.0	28.7
2	3	1	15.8	10.6	21.6	21.7
2	3	2	61.3	56.2	75.5	23.1
2	3	3	90.0	90.0	90.0	26.1
2	4	1	13.2	9.5	11.3	21.6
2	4	2	62.7	57.4	79.4	23.0
2	4	3	90.0	90.0	90.0	31.1

Anexo 6 (continuación)

1	2	3	4	5	6	7
3	1	1	6.2	13.4	17.9	21.7
3	1	2	65.2	62.7	75.4	23.3
3	1	3	90.0	90.0	90.0	34.3
3	2	1	15.1	14.8	8.5	21.7
3	2	2	64.9	62.2	74.3	22.8
3	2	3	90.0	90.0	90.0	31.6
3	3	1	16.2	12.6	11.5	21.8
3	3	2	71.6	68.8	83.9	22.8
3	3	3	90.0	90.0	90.0	29.8
3	4	1	13.4	10.9	11.2	21.6
3	4	2	72.1	67.7	84.0	22.8
3	4	3	90.0	90.0	90.0	34.2
4	1	1	16.8	14.0	15.5	21.7
4	1	2	66.4	64.5	75.6	23.3
4	1	3	90.0	90.0	90.0	39.2
4	2	1	17.9	14.9	11.9	21.3
4	2	2	68.5	67.2	80.0	22.8
4	2	3	90.0	90.0	90.0	39.2
4	3	1	17.1	15.0	12.5	21.5
4	3	2	90.0	90.0	90.0	23.1
4	3	3	90.0	90.0	90.0	33.7
4	4	1	14.4	12.6	19.3	21.6
4	4	2	90.0	90.0	90.0	23.1
4	4	3	90.0	90.0	90.0	40.6
5	1	1	16.6	14.4	15.7	21.7
5	1	2	72.9	71.7	78.6	23.3

Anexo 6 (continuación)

1	2	3	4	5	6	7
5	1	3	90.0	90.0	90.0	45.0
5	2	1	16.6	14.4	15.7	21.7
5	2	2	74.2	72.9	78.3	23.1
5	2	3	90.0	90.0	90.0	45.0
5	3	1	19.9	16.2	10.7	21.7
5	3	2	90.0	90.0	90.0	23.3
5	3	3	90.0	90.0	90.0	39.2
5	4	1	15.6	14.1	19.5	21.6
5	4	2	90.0	90.0	90.0	23.3
5	4	3	90.0	90.0	90.0	45.0
6	1	1	16.4	14.8	15.9	21.7
6	1	2	83.7	83.6	90.0	23.3
6	1	3	90.0	90.0	90.0	50.8
6	2	1	24.8	21.4	14.8	21.6
6	2	2	83.2	79.8	90.0	23.4
6	2	3	90.0	90.0	90.0	50.8
6	3	1	22.5	17.2	11.1	21.2
6	3	2	90.0	90.0	90.0	23.5
6	3	3	90.0	90.0	90.0	45.0
6	4	1	16.4	15.5	19.5	21.6
6	4	2	90.0	90.0	90.0	23.4
6	4	3	90.0	90.0	90.0	50.8
7	1	1	16.5	14.6	15.8	21.6
7	1	2	90.0	90.0	90.0	23.6
7	1	3	90.0	90.0	90.0	56.8
7	2	1	25.0	18.2	14.1	21.6
7	2	2	82.7	80.1	90.0	23.0
7	2	3	90.0	90.0	90.0	56.8
7	3	1	23.6	19.5	11.5	22.3
7	3	2	90.0	90.0	90.0	24.0
7	3	3	90.0	90.0	90.0	50.8
7	4	1	17.1	15.2	19.5	21.7
7	4	2	90.0	90.0	90.0	23.9
7	4	3	90.0	90.0	90.0	56.8