

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

80



COMPORTAMIENTO DEL GRANO  
DE CACAO EN ALMACEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
P R E S E N T A N

NIDIA COYOTE ESTRADA ✓  
MA. DE LOS ANGELES HINOJOSA NAVARRO

1979



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS TESIS 1979  
ABO M. T. 86  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC \_\_\_\_\_  
19 \_\_\_\_\_



Con cariño:

a mis padres

y

a mis hermanos.

Con profundo agradecimiento:

Al Dr. Ernesto Moreno M. por su valiosa ayuda, sin la cual no hubiera sido posible la realización de esta tesis.

A la Quím. Natalia Salcedo por su asesoría de la misma.

A la Biol. Guadalupe Gaona V. - por su ayuda desinteresada.

A todas las personas que directa o indirectamente intervinieron en la realización de ésta.

PRESIDENTE: Prof. Natalia Salcedo Olavarrieta  
V O C A L : Prof. Ninfa Guerrero de Callejas  
Jurado  
SECRETARIO: Prof. Biserka Sveshtarova Pekarkova  
asignado  
1er. SUPLENTE: Prof. Fidel Figueroa Martínez  
2do. SUPLENTE: Prof. Mercedes Irueste Alejandro

Sitio donde se desarrolló el tema: Lab. de Fitopatología del  
Instituto de Biología de la U. N. A. M. y Lab. de Investiga-  
ciones Tecnológicas de la Comisión Nacional del Cacao.

Nombre completo y firma del sustentante: María de los Angeles

Hinojosa Navarro *María de los Angeles H. N.*

Nombre completo y firma del asesor del tema: Prof. Natalia

Salcedo Olavarrieta *Natalia Salcedo O.*

PRESIDENTE: Prof. Natalia Salcedo Olavarrieta

V O C A L : Prof. Ninfa Guerrero de Callejas

Jurado

SECRETARIO: Prof. Biserka Sveshtarova Pekarkova

asignado

1er. SUPLENTE: Prof. Fidel Figueroa Martínez

2do. SUPLENTE: Prof. Mercedes Irueste Alejandre

Sitio donde se desarrolló el tema: Lab. de Fitopatología del Instituto de Biología de la U.N.A.M. y Lab. de Investigaciones Tecnológicas de la Comisión Nacional del Cacao.

Nombre completo y firma del sustentante: Nidia Coyote Estrada

Nombre completo y firma del asesor del tema: Prof. Natalia Salcedo Olavarrieta

## C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	13
3. MATERIALES Y METODOS.....	15
3.1. Cacao.....	15
3.2. Almacenamiento.....	15
3.2.1. Almacenamiento del grano de cacao en hume- dades relativas de 75, 80 y 85% a 25°C.....	15
3.2.2. Almacenamiento de grano de cacao tratado con el fungicida tiabendazol a una hume- dad relativa de 80% y 25°C.....	16
3.2.2.1. Fungicida.....	16
3.3. Muestreos.....	16
3.4. Contenido de humedad.....	17
3.5. Micoflora.....	18
3.5.1. Prueba de corte.....	18
3.5.2. Cultivos.....	18
3.6. Extracto etéreo.....	19
3.7. Acidez.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1. Condición inicial de los diferentes tipos de cacao.....	22

4.2. Almacenamiento del cacao en 85% de humedad relativa y 25°C durante 180 días.....	23
4.2.1. Contenido de humedad y micoflora en me-- dio de cultivo.....	23
4.2.2. Prueba de corte (% de moho), extracto e- téreo y acidez.....	23
4.3. Almacenamiento de cacao en 80% de humedad relativa y 25°C durante 180 días.....	24
4.3.1. Contenido de humedad y micoflora en me-- dio de cultivo.....	24
4.3.2. Prueba de corte (% de moho), extracto e- téreo y acidez.....	25
4.4. Almacenamiento de cacao tratado con el fun- gicida tiabendazol en una humedad relativa de 80% y 25°C, durante 180 días.....	25
4.4.1. Contenido de humedad y micoflora en me-- dio de cultivo.....	26
4.4.2. Prueba de corte (% de moho), extracto e- téreo y acidez.....	27
4.5. Almacenamiento del cacao en 75% de humedad relativa y 25°C durante 180 días.....	28
4.5.1. Contenido de humedad y micoflora en me--	

dio de cultivo.....	28
4.5.2. Prueba de corte (% de moho), extracto etéreo y acidez.....	28
5. CONCLUSIONES.....	72
6. RESUMEN.....	74
7. BIBLIOGRAFIA.....	77
8. APENDICE.....	82
8.1. Índice de tablas.....	82
8.1.1. Índice de gráficas.....	90

## 1. INTRODUCCION

La historia del cacao empieza en América Central con los mayas, que fué el primer pueblo conocido que se dió - cuenta de las valiosas cualidades de la almendra.

Antes de la llegada de los españoles al Nuevo Mundo, se comerciaba extensamente con el cacao que era cultivado en las tierras cálidas, el cual era utilizado como alimento y como moneda. El grano de cacao era, pues, elemento - importante en su vida.

Los españoles fueron los primeros en llevar cacao a Europa y fueron los precursores de su introducción como - cultivo agrícola en muchos países de América. De España - el empleo del cacao se extiende a otros países europeos.

Siendo el cacao de origen americano es, sin embargo, en Europa donde se desarrolla la industria chocolatera.

El cacao en sus diversas especies es una típica planta tropical del género Theobroma y pertenece a la especie T. cacao L.

Los cacaos cultivados se clasifican en tres grupos: Criollo, Forastero y Trinitario.

En México actualmente se cultiva el Trinitario que - es un cacao de calidad intermedia entre el Criollo y el -

Forastero. Para la clasificación de los cacaos se toma en cuenta, además del color de los cotiledones, las dimensiones y las formas de los granos.

El grano de cacao no es un producto de consumo directo, sino que ha de transformarse. Los tres derivados más importantes son: el chocolate, el polvo de cacao y la manteca de cacao.

Chocolate. Tiene una composición muy variable, en promedio suministra de 540 a 600 calorías por 100 gramos, convirtiéndolo en una fuente energética superior a la mayoría de los dulces ordinarios. Además posee gran parte de las vitaminas contenidas en el grano.

Polvo de cacao. El polvo de cacao tiene cada vez más aceptación en la economía doméstica y en las industrias alimenticias. Existen varios tipos que se diferencian por su contenido en manteca de cacao.

Manteca de cacao. Es una grasa vegetal de alta calidad que, desde el punto de vista de la industria, reúne diversas cualidades: se funde a la temperatura normal del cuerpo, no libera fácilmente ácidos grasos, es de fácil digestión y agradable al paladar.

Consideraciones sobre el grano de cacao y su manejo.

El grano de cacao es un producto delicado cuya calidad - puede disminuir y en algunos casos perderse totalmente - debido a malas condiciones de almacenamiento. Por lo tanto, hay que tomar en cuenta que los granos de cacao se deben cosechar, beneficiar y almacenar de la mejor manera posible, para que podamos disponer de ellos durante - un lapso considerable y se permita una buena comercialización para el productor.

De los datos obtenidos en los análisis realizados, se ha observado que de un 77 a un 100% del grano de cacao destinado a la comercialización se encuentra contaminado con un 1 a 3% de hongos \*, lo cual indica que el -- problema de enmohecimiento es de tipo potencial y que - puede aumentar dependiendo de las condiciones ambientales con que se maneje durante su almacenamiento.

Para su comercialización internacional el grano de cacao mexicano debe cumplir con las especificaciones aceptadas por el Codex Alimentarius del comité de normalización formado por la FAO y OMS, que señalan un máximo - de 3% de enmohecimiento para el cacao de la Clase I, o - bien con las normas del país comprador, generalmente las de la Food and Drug Administration de los Estados Unidos,

\* Datos obtenidos del laboratorio (CONADECA)

que fijan un máximo del 4% de granos con hongos (18).

Los hongos que invaden granos y semillas agrícolas se dividen en dos grupos, principalmente en base a su -- comportamiento: hongos de campo y hongos de almacén.

Hongos de campo. Invaden a los granos cuando aún es tán sobre las plantas en el campo y requieren contenidos de humedad altos, entre 25 y 30%; de estos hongos existe una gran variedad.

El daño que causan estos hongos varia con la intensidad de la invasión, en algunos casos destruyen completa-- mente a los granos, quedando éstos inutilizables para su consumo o para la siembra; o bien, si las condiciones de humedad y temperatura les son favorables durante la formación de los granos, algunos de éstos producen toxinas que pueden afectar la salud pública y animal al cunsumir los granos. Una vez cosechados los granos, estos hongos detienen su desarrollo, ya que la humedad de los granos baja a niveles en los que estos hongos no pueden crecer; por lo tanto, estos hongos no representan un peligro pa-- ra los granos y semillas almacenadas. Entre estos hongos se pueden citar a Fusarium, Alternaria, Helminthosporium, Nigrospora y Diplodia.

A continuación se discutirá el otro grupo de hongos, hongos del almacén, que son los que nos ocupan en este trabajo.

Hongos de almacén. Son principalmente especies del género Aspergillus y algunos Penicillium. La característica principal de estos hongos es su capacidad para crecer en productos con bajos contenidos de humedad. Los factores que influyen en el desarrollo de hongos en el almacenamiento de los productos agrícolas, y que pueden aplicarse para el caso del cacao, son los siguientes:

Humedad. Existe una mínima humedad relativa para el desarrollo de cada una de las especies comunes de hongos de almacén, abajo de la cual no pueden crecer, lo que se observa en la Tabla 1.

Los productos agrícolas frecuentemente son almacenados bajo condiciones de humedad que permiten el desarrollo de los hongos, ya sea porque éstos son secados a niveles favorables para los hongos, o bien porque la humedad relativa del medio ambiente en el almacén mantiene a los granos con contenidos de humedad altos que permiten el desarrollo de estos hongos.

Temperatura. Se puede decir que, en general, en gra-

Tabla 1

Humedades relativas mínimas que permiten el desarrollo de Aspergillus y Penicillium a temperaturas óptimas (27-30 °C)

Hongo	Humedad relativa mínima %
<u>Aspergillus halophilicus</u>	68
<u>A. restrictus</u>	70
<u>A. glaucus</u>	73
<u>A. candidus</u> , <u>A. ochraceus</u>	80
<u>A. flavus</u>	85
<u>Penicillium spp</u>	80 - 90

Fuente: Christensen y Kaufmann, 1974

nos almacenados crecen más rápidamente a temperaturas de 30 a 32 °C y que su crecimiento disminuye conforme la temperatura decrece. En la tabla 2 se muestran las temperaturas mínimas, máximas y óptimas para el desarrollo de estas especies de hongos; existen hongos que pueden crecer, aún cuando sea lentamente, a temperaturas alrededor de 0 °C, como lo es el caso de algunas especies de Penicillium; por otra parte, hay hongos que pueden soportar temperaturas relativamente altas, como algunas especies de grupo Aspergillus candidus y Aspergillus flavus.

Período de almacenamiento. Otro factor importante en la conservación de los productos agrícolas es el período de almacenamiento; si el período de almacenamiento es largo, el contenido de humedad deberá ser bajo, sin pasar de ciertos límites necesarios para mantener la calidad del producto.

Para determinar el tiempo que se puede almacenar un producto se deben considerar ciertos factores que, en conjunto, constituyen la clave del éxito o fracaso de esta operación, siendo más importantes la humedad y la temperatura de almacenamiento; sin embargo, se debe tomar también en cuenta la condición inicial del producto en cuan

Tabla 2

Temperaturas (°C) mínimas, óptimas y máximas para el desarrollo de los hongos de almacén.

Hongo	Temperatura para su crecimiento		
	mínima	óptima	máxima
<u>Aspergillus restrictus</u>	5-10	10-35	40-45
<u>A. glaucus</u>	0-5	30-35	40-45
<u>A. candidus</u>	10-15	40-45	50-55
<u>A. flavus</u>	10-15	40-45	45-50
<u>Penicillium</u>	5-0	20-25	35-40

Fuente: Christensen y Kaufmann, 1974.

to a su estado físico y biológico. Los productos que físicamente están dañados serán productos más propensos al ataque por hongos y, por lo tanto, su período de almacenamiento se verá reducido. Por otra parte, en el caso de semillas es necesario conocer su condición biológica para poder determinar su potencialidad de almacenamiento. Otro factor importante sobre este aspecto, es la condición de los productos en relación con el grado de invasión por hongos, lo cual se discutirá enseguida.

Grado inicial de invasión por hongos. El grano recién cosechado, que ha sido manejado de tal modo que ha sido invadido por hongos, ya se encuentra en las primeras fases del deterioro. Si posteriormente este grano es almacenado bajo condiciones que permitan el desarrollo de los hongos, ese grano se deteriorará más rápidamente que un grano sano, y además, estará sujeto a que la invasión de los hongos del almacén y daños asociados continúen a contenidos de humedad y temperaturas más bajas que en el caso de un grano o producto perfectamente sano.

Como ya se señaló, los factores anteriores están muy relacionados entre sí. Un contenido de humedad ade--

cuado para almacenar un determinado lote depende, en parte, de la temperatura a la que se almacene el grano, del período que éste se almacene y de la invasión por hongos que presente, por lo tanto, para un buen almacenamiento es necesario conocer las condiciones iniciales del producto agrícola, así como su condición a través del período de almacenamiento. Supervisando la humedad y temperatura de almacenamiento se podrán tomar las decisiones adecuadas en cuanto al uso y destino del producto.

Entre las principales pérdidas causadas por hongos en el almacenamiento se encuentra: la pérdida de peso, cambios bioquímicos, producción de toxinas y cambios en las propiedades organolépticas (7).

Entre los productos intermedios del deterioro de los granos que contienen grasas o aceites se encuentran los ácidos grasos, que producen olores y sabores que caracterizan a las grasas total o parcialmente echadas a perder. Desde hace tiempo se ha sabido que el deterioro de los granos almacenados va acompañado por un incremento en los ácidos grasos y se ha sugerido que este valor se use como medida del deterioro y de la condición y potencialidad de almacenamiento de los granos (11).

Estos cambios han sido estudiados, ya que afectan la calidad de los granos para la mayoría de los usos a que son destinados (21). En un determinado caso, uno o más de estos cambios nocivos pueden haber ocurrido dependiendo - del estado de avance del deterioro.

Comunmente las pérdidas de productos almacenados son más elevadas en aquellos países que menos pueden afrontar las, 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 técnicas y económicas, por lo que el uso de los fungicidas puede - representar una alternativa más accesible para prevenir - tales pérdidas, muchas de las cuales son innecesarias, como resultado de la ignorancia o descuido, o de ambos factores.

En algunos de los países donde las grandes pérdidas en el almacenamiento son muy comunes, se están haciendo - grandes esfuerzos para incrementar la producción, pero nada o casi nada se hace para mejorar las facilidades y condiciones de almacenamiento.

Considerando que en México existe poca información y conocimiento sobre el almacenamiento del grano de cacao, -

el presente trabajo se planteó tratando de obtener información que pueda ser utilizada para preservar la calidad del grano de cacao en las zonas productoras de nuestro país.

---

## 2. OBJETIVOS

Tomando en cuenta que el contenido de humedad y porcentaje de granos mohosos son dos de los puntos de control de calidad más importantes en la comercialización del cacao, ya que el grano con alto contenido de humedad y hongos no es aceptado para su industrialización; este trabajo se enfocó a determinar el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del grano. Con este fin se fijaron los siguientes objetivos:

- 2.1. Determinar el efecto de diferentes humedades relativas 75,80 y 85% a 25°C sobre el desarrollo de hongos en grano de cacao.
- 2.2. Determinar cuáles son las principales especies de hongos que atacan el grano de cacao bajo estas condiciones.
- 2.3. Determinar si existen diferencias entre los tipos de cacao producidos en México (lavado sin fermentar, fermentado sin lavar y fermentado lavado), en cuanto a su comportamiento en el almacén.
- 2.4. Determinar los cambios en la calidad del grano de cacao, en base a la relación entre el enmohecimiento y el contenido de extracto eféreo y la acidez del mismo.

2.5 Determinar el efecto del fungicida tiabendazol en el combate de los hongos que invaden el grano de cacao cuando éste se almacena en una humedad relativa que permita el desarrollo de hongos.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Cacao

El cacao utilizado fué proporcionado por la Comisión Nacional del Cacao. Se utilizaron los tres tipos de cacao que se producen en México: lavado sin fermentar (L), fermentado sin lavar (F) y fermentado lavado (FL), además se almacenó cacao lavado de calidad sub-estándard (L'), con el fin de tener una comparación entre un cacao sano y uno ya contaminado.

#### 3.2. Almacenamiento

3.2.1. Almacenamiento de grano de cacao en humedades relativas de 75, 80 y 85% a 25°C.

Los granos de cacao de cada uno de los diferentes tipos se colocaron en charolas de plástico provistas de perforaciones, para permitir la circulación del aire. En cada charola se pusieron aproximadamente 3 kilogramos de cacao previamente homogeneizado en cantidad suficiente para seis muestreos. De cada tipo de cacao se almacenaron tres repeticiones, las que se colocaron completamente al azar, dentro de cámaras de plástico que contenían soluciones saturadas de cloruro de sodio (NaCl), sulfato de amonio -- ( $\text{NH}_4$ )<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y cloruro de potasio (KCl) para mantener hu-

medades relativas de 75, 80 y 85% respectivamente (26), - las que se colocaron en una incubadora a 25°C.

3.2.2. Almacenamiento de grano de cacao tratado con el fungicida tiabendazol a una humedad relativa de 80% y 25°C.

El cacao fué tratado con el fungicida en polvo a una concentración de 750 ppm. de ingrediente activo, el cual - fué almacenado en una humedad relativa de 80%, de la misma forma descrita en 3.2.1.

3.2.2.1. Fungicida (Tecto 60)

El fungicida empleado fué el tiabendazol cuyo nombre químico es 2(4, tiazolil) benzimidazol, su fórmula condensada es  $C_{10}H_2N_3S$ ; es un polvo blanco, ligeramente soluble en agua, la formulación utilizada tiene un 60% en ingrediente activo y su toxicidad es baja.

Su capacidad inhibitoria sobre el crecimiento de los hongos se debe a que interfiere en varios procesos metabólicos como síntesis de proteínas, lípidos y aminoácidos ; así como en la captación de alimentos (2, 27).

3.3. Muestreos.

Los muestreos se realizaron tomando las precauciones necesarias para evitar contaminaciones. Para la toma de la muestra primeramente se homogeneizó el grano, se tomaron a

proximadamente 500 gramos y se colocaron en bolsas de polietileno. A cada muestra de cada repetición se le determinó: contenido de humedad, micoflora, extracto etéreo y acidez de éste.

Los muestreos del grano almacenado en una humedad relativa de 85% se realizaron cada 30 días. En la humedad relativa de 80% el primer muestreo se realizó a los 60 -- días y posteriormente se muestreó cada 30 días; tanto el cacao almacenado en humedad relativa de 75% como el cacao tratado con el fungicida y almacenado en una humedad relativa de 80% se muestrearon cada 60 días.

#### 3.4. Contenido de humedad.

El contenido de humedad se determinó por el método aprobado por la ISO (13); que consiste en tomar 10 granos de cacao y molerlos en un mortero durante un minuto, de--biendo quedar partículas menores de 5 mm., una vez efec--tuado el molido la muestra se coloca en una caja de aluminio de peso conocido y se pesa para determinar el peso de la muestra. Se colocan las cajas de aluminio en el horno y se someten a una temperatura de  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 16 horas, después se pasan a un desecador y una vez frías se pesan. El contenido de humedad de cada repetición se deterer

minó por duplicado.

El porcentaje de humedad se calcula por diferencia de peso en base a peso húmedo.

### 3.5. Micoflora.

Para determinar el número y clase de hongos presentes en el grano se realizaron las siguientes pruebas:

#### 3.5.1. Prueba de corte

Esta prueba es la que rutinariamente se efectúa en el control de calidad de grano de cacao, para lo cual se cortan 300 granos en forma longitudinal, por la mitad, de manera que se obtenga la máxima superficie de exposición. Se examinan visualmente ambas mitades de cada grano y se cuentan los granos mohosos (12); considerando grano mohoso a aquel que presente desarrollo de hongos a simple vista (14).

#### 3.5.2. Cultivos.

Para esta prueba se tomaron 25 granos de cacao, los que se desinfectaron superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio al 2% agitando durante 1 minuto, posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril y se sembraron en cajas de Petri que contenían gelosa-malta-sal (GMS), al 6% de cloruro de sodio, por ser éste un medio selectivo para los hongos de almacén (7).

Las cajas sembradas se incubaron a 25°C durante siete días, al cabo de los cuales se contó el número de granos - invadidos por hongos y se hizo la identificación de éstos (1,3) ; registrándose el porcentaje de granos invadidos - por cada tipo de hongo.

### 3.6. Extracto etéreo

Para determinar el extracto etéreo se utilizó el método descrito en el AOAC (23), para lo cual se toman 5 granos de cacao y se muelen en licuadora, se pesan, se colocan en un vaso de precipitados y se hidrolizan agregando - 55 ml de HCl 8N y 45 ml de agua caliente; la muestra se cubre con un vidrio de reloj dejándose hervir suavemente durante 15 minutos. Se lava el vidrio de reloj con 100 ml de agua destilada, se filtra y se lava con agua destilada hasta la desaparición total de cloruros, para lo cual se realiza la prueba de nitrato de plata. Posteriormente se coloca la muestra en un cartucho y se seca de 6 a 18 horas a 100°C.

Para la extracción se usó un extractor Soxhlet que -- consta de tres partes: el extractor, en donde se coloca el cartucho , un matraz y un refrigerante unidos por juntas esmeriladas. Por otro lado, se pone a peso constante el ma

traz, con unas perlas de vidrio para regular la ebullición.

Se conecta el matraz al extractor y éste al refrigerante; se agrega éter etílico por el refrigerante, en cantidad de 3 descargas y se calienta el matraz con una parrilla.

Se refluja durante 8 horas, transcurridas éstas se calienta bajo la campana el matraz con el extracto etéreo -- hasta la total evaporación del éter y se lleva a la estufa a 100°C a peso constante. El contenido de extracto etéreo se calcula por diferencia de peso.

### 3.7. Acidez

Al extracto etéreo obtenido se le agregan 50 ml de alcohol etílico previamente neutralizado con NaOH usando como indicador fenoftaleína. Se titula con NaOH valorada a ebullición incipiente. Se reporta en % de ácido oleico, el cual se calcula con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{V \times N \times 0.282 \times 100}{M}$$

en donde

V= Volumen en ml de NaOH gastados

N= Normalidad de la NaOH

0.282= Miliequivalente del ácido oleico

M= Peso de la muestra

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1. Condición inicial de los diferentes tipos de cacao.

En la tabla 3 se muestran los resultados de la condición inicial de los diferentes tipos de cacao utilizados - en este trabajo, en donde se puede observar que el contenido de humedad era bajo, excepto en el cacao de calidad sub estándar (L') que presentaba un mayor porcentaje de hongos.

El porcentaje de granos con moho mostrados por la -- prueba de corte no revela el potencial de la micoflora presente en los granos, ya que en esta prueba el porcentaje de moho fué bajo, sin embargo, al cultivar la micoflora - su porcentaje aumenta considerablemente, a excepción del cacao fermentado, lo cual indica que al almacenarse bajo condiciones favorables de humedad y temperatura esa micoflora se mostrará a simple vista en la prueba de corte. Los hongos predominantes en la micoflora fueron los géneros Aspergillus y Penicillium.

El contenido de extracto etéreo en los cuatro tipos - de cacao fué alto, estando por arriba del 51%, la acidez, expresada en por ciento de ácido oleico estuvo entre 1.11 y 1.19 .

4.2. Almacenamiento del cacao en 85% de humedad relativa y 25°C durante 180 días.

4.2.1. Contenido de humedad y micoflora en medio de cultivo.

En las tablas 4-9 se muestran los datos de humedad y micoflora de los diferentes tipos de cacao. La humedad en todos los tipos de cacao aumentó en relación con la humedad inicial de almacenamiento; en el último muestreo la humedad fluctuó entre 8.6 y 10.1%.

Los hongos predominantes fueron de los géneros Aspergillus y Penicillium, principalmente microorganismos del grupo A. glaucus, lo cual se puede observar en los últimos muestreos a los 150 y 180 días. Por los datos obtenidos a través del período de almacenamiento en los diferentes tipos de cacao, parece ser que se establece una competencia entre los miembros del grupo Aspergillus glaucus y especies del género Penicillium; llegando los primeros a predominar al final del almacenamiento.

4.2.2. Prueba de corte (% de moho), extracto etéreo y acidez.

Las tablas 10-13 muestran los datos sobre el por ciento de moho, por ciento de extracto etéreo y acidez.

El por ciento de extracto etéreo disminuye ligeramente en relación con el inicial, lo cual se observa desde el primer muestreo hasta el final del experimento.

Con la acidez sucede lo contrario, aumenta ligeramente hasta los 90 días y a los 120 días subió en forma significativa para volver a bajar al final del almacenamiento, excepto en cacao fermentado (F) que disminuyó a los 150 días y vuelve a subir a los 180 días.

Las variaciones en la acidez (gráfica 1) podrían deberse a la presencia de ciertas especies de hongos capaces de desdoblar la grasa en ácidos grasos libres para después utilizar parte de ellos.

Lo más sobresaliente de los resultados del almacenamiento en 85% de humedad relativa fué el incremento de granos con moho (gráfica 2) revelado por la prueba de corte, ya que tan sólo en 30 días de almacenamiento quedan fuera de las normas de calidad.

#### 4.3. Almacenamiento de cacao en 80% de humedad relativa y 25°C durante 180 días.

4.3.1. Contenido de humedad y micoflora en medio de cultivo.

En las tablas 14-18 se muestran los datos de humedad

y micoflora de los diferentes tipos de cacao, en donde se puede observar que el contenido de humedad aumentó en relación con la humedad inicial, los valores finales estuvieron entre 7.8 y 8.3%.

Los hongos que aparecieron en mayor cantidad fueron A. glaucus y Penicillium, estando también presentes en menor proporción; A. flavus, A. niger, A. candidus, A. tamarrii, Mucor, Neurospora y Paecilomyces. Al igual que en el caso del almacenamiento a 85% parece ser que se establece una competencia ecológica entre el género Penicillium y el género Aspergillus, predominando finalmente los miembros de este último.

4.3.2. Prueba de corte (% de moho), extracto etéreo y acidez.

Las tablas 19-22 contienen los resultados de porcentaje de moho en prueba de corte, por ciento de extracto etéreo y acidez.

El contenido de extracto etéreo disminuye ligeramente durante todos los muestreos.

La acidez tuvo ligeras fluctuaciones en cacao fermentado lavado (FL), en los otros tipos de cacao la acidez aumentó ligeramente hasta los 90 días, habiendo un aumen-

to considerable a los 120 días y volviendo a bajar en los siguientes muestreos, en cacao lavado (L) y en cacao lavado de calidad sub-estándar (L'); en el cacao fermentado (F) bajó a los 150 días para volver a subir a los 180 días.

Las variaciones en la acidez (gráfica 3) seguramente se deben a la presencia de los hongos.

El por ciento de moho determinado mediante la prueba de corte aumentó en cada muestreo (gráfica 4) estando en todos los casos por arriba del 63% al final del almacenamiento.

4.4. Almacenamiento de cacao tratado con el fungicida tiabendazol en una humedad relativa de 80% y 25°C, durante 180 días.

4.4.1. Contenido de humedad y micoflora en medio de cultivo.

Las tablas 23-25 muestran los resultados de contenido de humedad y micoflora de los cuatro tipos de cacao empleados en este trabajo.

El contenido de humedad aumentó en relación al inicial, los valores finales fluctuaron entre 7.8 y 8.5%.

El fungicida no se pudo eliminar totalmente, por lo

que inhibió el crecimiento de los hongos en el medio de cultivo, lo que impidió conocer la micoflora real, la cual se deduce por el aumento de moho interno revelado por la prueba de corte.

4.4.2. Prueba de corte (% de moho), extracto etéreo y acidez.

Las tablas 26-29 muestran los resultados de por ciento de moho, por ciento de extracto etéreo y acidez.

El contenido de extracto etéreo disminuye en mayor proporción que en el cacao sin tratar almacenado en las mismas condiciones, excepto en el cacao fermentado lavado (FL) que llega al mismo porcentaje en los dos casos.

La acidez aumentó desde el primer muestreo hasta el final del experimento (gráfica 5).

Lo más sobresaliente en este tratamiento es que el contenido de extracto etéreo disminuyó más que en el cacao no tratado almacenado en las mismas condiciones, lo que podría deberse al crecimiento de especies de hongos que consumen mayor cantidad de ácidos grasos libres, aunque es difícil confirmarlo ya que no se pudo conocer totalmente la micoflora.

El por ciento de moho interno fué un poco menor que

en el cacao no tratado, a excepción del cacao fermentado lavado (FL) que alcanza aproximadamente el mismo porcentaje.

#### 4.5. Almacenamiento del cacao en 75% de humedad relativa y 25°C durante 180 días.

4.5.1. Contenido de humedad y micoflora en medio de cultivo.

Las tablas 30-32 muestran los resultados de contenido de humedad y micoflora, donde se puede observar que el contenido de humedad aumenta ligeramente sin llegar al 8%. La micoflora predominante fueron los géneros Aspergillus y Penicillium, aunque también aparecieron en un porcentaje bajo Alternaria y Paecilomyces.

4.5.2. Prueba de corte (% de moho), extracto etéreo y acidez.

En las tablas 33-36 se pueden observar los resultados de por ciento de moho, por ciento de extracto etéreo y acidez.

El por ciento de extracto etéreo disminuyó ligeramente en todos los muestreos, en menor cantidad que en los tratamientos anteriores.

La acidez aumentó ligeramente en cada muestreo (grá

fica 7), pero no fluctuó como en las humedades relativas de 80 y 85%.

En este tratamiento llama la atención el bajo contenido de humedad de los granos, por lo que se esperaba - que no continuara el deterioro, sin embargo, el por ciento de moho aumentó (gráfica 8), aunque no en la misma - proporción que en las condiciones de almacenamiento anteriores, esto probablemente se deba a la distribución irregular del agua dentro del grano.

El porcentaje de moho interno en cacao de calidad - sub-estándar, en todos los casos fué mayor, lo que demuestra que el grado de contaminación inicial sí influye en la rapidez del deterioro.

La micoflora en todas las condiciones de almacenamiento aquí probadas fué de los géneros Aspergillus y Penicillium, lo que concuerda con lo reportado por varios autores (4, 7, 15, 19 ).

En cambio los valores de acidez obtenidos no concuerdan con lo reportado por Hansen (11), que encontró valores de acidez más altos.

Tabla 3

Condición inicial de los diferentes tipos de cacao de: humedad, mohos en prueba de corte, extracto etéreo, acidez y micoflora en medio de cultivo.									
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	Prueba de corte moho %	Extracto etéreo %	Acidez á. oleico %	Micoflora % de granos invadidos por hongos				
					<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. flavus</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. tamaritii</u>
FL	5.0	2	51.67	1.11	34	10	0	2	0
L	5.5	0	51.74	1.16	18	2	2	10	0
L'	8.2	13	51.07	1.16	38	0	0	12	36
F	6.4	1	51.30	1.19	0	0	0	0	0

FL - Cacao fermentado lavado

L - Cacao lavado sin fermentar.

L' - Cacao lavado sin fermentar de calidad sub-estándar

F - Cacao fermentado sin lavar

Tabla 4

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 30 días</u> a 25 °C y 85% de humedad relativa.								
Tipo de cacao	Contenido de hum. %	% de granos invadidos por hongos						
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. flavus</u>	<u>A. tamaritii</u>	<u>A. candidus</u>	<u>Alternaria</u>
FL	8.4	48	41	0	0	0	0	1
L	8.5	61	0	3	4	3	3	0
L'	8.9	81	0	8	12	0	0	0
F	9.9	16	4	0	1	0	4	0

Tabla 5

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 60 días</u> a 25 °C y 85% de humedad relativa.							
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos					
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. flavus</u>	<u>A. tamaritii</u>	<u>Mucor</u>
FL	8.7	57	16	0	1	0	1
L	8.8	76	12	1	0	0	0
L'	9.3	84	27	7	11	0	0
F	9.5	64	30	0	0	3	0

Tabla 6

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 90 días</u> a 25 °C y 85% de humedad relativa.									
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos							
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. flavus</u>	<u>A. tamaritii</u>	<u>Mucor</u>	<u>Neurospora</u>	<u>Paecilomyces</u>
FL	8.7	37	41	1	0	3	3	1	0
L	8.7	87	43	5	0	3	1	0	0
L'	9.1	67	58	3	0	0	0	0	15
F	9.4	15	92	0	4	4	0	1	0

Tabla 7

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 120 días</u> a 25°C y 85% de humedad relativa.					
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos			
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. niger</u>	<u>Paecilomyces</u>
FL	9.0	17	9	4	0
L	8.9	100	36	0	41
L'	9.4	80	60	0	3
F	9.6	26	95	0	0

Tabla 8

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 150 días</u> a 25 °C y 85% de humedad relativa.					
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos			
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. tamarii</u>	<u>A. versicolor</u>
FL	9.3	84	20	1	0
L	8.5	100	0	0	0
L'	9.6	100	5	0	5
F	9.9	83	100	0	0

Tabla 9

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 180 días</u> a 25 °C y 85% de humedad relativa.					
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% granos invadidos por hongos			
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. niger</u>	<u>Alternaria</u>
FL	9.2	72	5	0	4
L	8.6	100	0	3	7
L'	10.1	100	0	0	0
F	9.7	78	0	0	0

Tabla 10

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez <u>de cacao fermentado lavado (FL)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C y 85% de humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte %. moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
30	8.4	10	51.20	1.40
60	8.7	57	51.07	1.48
90	8.7	77	50.96	1.53
120	9.0	93	50.73	4.59
150	9.3	98	50.26	3.02
180	9.2	100	50.11	1.14

Tabla 11

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez de <u>cacao lavado (L)</u> , a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C, - 85% humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
30	8.5	13	51.23	1.30
60	8.8	38	50.94	1.62
90	8.7	57	50.84	1.93
120	8.9	64	50.46	5.29
150	8.5	81	50.24	1.53
180	8.6	98	50.09	1.37

Tabla 12

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez de cacao lavado sub-estándar (L') a diferentes periodos de almacenamiento a 25% y 85% de humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
30	8.9	41	51.01	1.30
60	9.3	53	50.97	1.43
90	9.1	61	50.54	1.82
120	9.4	86	50.46	4.10
150	9.6	100	50.35	2.16

Tabla 13

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez, <u>de cacao fermentado (F)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C y 85% de hum. rel.				
Días	Contenido de humedad %	P.de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
30	9.9	3	51.30	1.33
60	9.5	31	51.04	1.61
90	9.4	56	50.85	1.94
120	9.6	63	50.26	3.91
150	9.9	74	49.98	1.30
180	9.7	79	49.83	3.71

Tabla 14

Contenido de humedad y micoflora, de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 60 días</u> a 25 °C y 80% de humedad relativa.							
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de grano invadidos por hongos					
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. flavus</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. candidus</u>	<u>Mucor</u>
FL	8.1	76	15	3	0	3	0
L	8.0	15	0	0	3	0	0
L'	8.4	88	9	9	4	0	1
F	8.5	33	5	0	0	0	0

Tabla 15

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 90 días</u> a 25 °C y 80% de humedad relativa.									
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos							
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. flavus</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. tamarii</u>	<u>Paecilomyces</u>	<u>Mucor</u>	<u>Neurospora</u>
FL	7.9	29	44	1	4	1	0	7	0
L	7.8	65	44	5	1	3	1	16	0
L'	8.3	72	37	4	4	1	7	0	0
F	8.4	39	35	0	0	3	0	0	11

Tabla 16

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 120 días</u> a 25 °C y 80% de humedad relativa.						
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos				
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. Tamarii</u>	<u>Paecilomyces</u>	<u>Mucor</u>
FL	8.3	33	56	0	3	5
L	7.9	24	13	8	1	0
L'	8.4	48	14	1	3	0
F	8.5	44	55	0	0	0

Tabla 17

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, almacenado durante 150 - días a 25°C y 80% de humedad relativa.				
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos		
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. tamaritii</u>
FL	8.7	40	56	0
L	8.2	29	11	1
L'	8.6	53	9	1
F	8.7	76	31	0

Tabla 18

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 180 días</u> a 25 °C y 80% de humedad relativa.				
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos		
		<u>A. glaucus</u>	<u>Pericillium</u>	<u>Alternaria</u>
FL	7.8	76	4	1
L	8.0	72	4	1
L'	8.3	68	0	0
F	8.3	60	0	0

Tabla 19

Contenido de humedad, prueba de corte, % extracto etéreo y <b>acidez</b> ; de <u>cacao fermentado lavado (FL)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C y 80% de humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	8.1	35	51.36	1.37
90	7.9	60	51.02	1.56
120	8.3	65	50.87	1.47
150	8.7	76	50.11	1.23
180	7.8	82	50.04	1.31

Tabla 20

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; <u>de cacao lavado (L)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C y 80% de humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	8.0	29	51.42	1.67
90	7.8	35	50.93	1.71
120	7.9	44	50.91	3.11
150	8.2	55	50.50	1.01
180	8.0	73	50.45	1.21

Tabla 21

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; <u>de cacao lavado - sub-estándar (L')</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C y 80% de humedad rel.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % moho	Extracto etéreo	Acidez % ác. oléico
60	8.4	40	51.01	1.63
90	8.3	47	50.90	1.87
120	8.4	66	50.86	3.47
150	8.6	72	50.70	1.07
180	8.3	90	50.19	1.29

Tabla 22

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de <u>cacao fermentado (F)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C y 80% de humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P.de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	8.5	17	51.13	1.56
90	8.4	21	51.09	1.74
120	8.5	45	50.98	4.44
150	8.7	55	50.76	1.43
180	8.3	63	50.70	3.10

Tabla 23

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm, almacenado durante 60 días a 25°C y 80% de humedad relativa.

Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de gramos invadidos por hongos				
		<u>A. glaucus</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. flavus</u>	<u>Alternaria</u>	<u>Mucor</u>
FL	8.0	0	0	0	1	1
L	7.7	1	1	0	0	0
L'	8.4	0	0	12	0	0
F	8.8	0	0	0	0	0

Tabla 24

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm, <u>almacenado durante 120 días</u> a 25 °C y 80% de humedad relativa.			
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos	
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>
FL	8.4	0	0
L	8.1	3	3
L'	8.8	7	0
F	9.0	0	0

Tabla 25

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao tratado - con tecto 60 a una concentración de 750 ppm, <u>almacenado durante 180 días</u> a 25 °C y 80% de humedad relativa.				
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos		
		<u>Penicillium</u>	<u>A. tamaritii</u>	<u>Alternaria</u>
FL	8.1	2	0	1
L	7.8	0	2	0
L'	8.4	2	0	0
F	8.5	0	0	0

Tabla 26

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de <u>cacao fermentado lavado (FL)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C, 80% de humedad relativa y tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % de moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	8.0	38	51.22	1.26
120	8.4	53	50.27	1.57
180	8.1	83	50.04	1.70

Tabla 27

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de cacao lavado (L) diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C, 80% de humedad relativa y tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm.

Días	Contenido de humedad %	P.de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez %ác. oleico
60	7.7	5	50.68	1.30
120	8.1	39	49.97	1.39
180	7.8	51	49.83	2.56

Tabla 28

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de cacao lavado sub-estándar (L') a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C, 80% de humedad relativa y tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm.

Días	Contenido de humedad %	P.de corte % de moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico.
60	8.4	36	50.84	1.16
120	8.8	53	50.44	1.26
180	8.4	74	49.72	1.44

Tabla 29

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; <u>de cacao fermentado (F)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C, 80% de humedad relativa y tratado con Tecto a una concentración de 750 ppm.				
Días	Contenido de humedad %	P.de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	8.8	5	50.02	1.55
120	9.0	36	49.97	1.63
180	8.5	51	49.95	2.31

Tabla 30

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 60 días</u> a 25 °C y 75% de humedad relativa.					
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos			
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. tamaritii</u>	<u>Alternaria</u>
FL	7.1	43	0	0	1
L	7.0	27	8	3	1
L'	7.5	44	0	0	0
F	7.5	24	0	0	0

Tabla 31

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 120 días</u> a 25 °C y 75% de humedad relativa.							
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos					
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>A. niger</u>	<u>A. flavus</u>	<u>A. candidus</u>	<u>Peacilomyces</u>
FL	7.5	40	21	1	0	0	0
L	7.2	35	18	1	1	0	3
L'	7.7	35	0	0	0	3	11
F	7.9	24	0	0	0	0	0

Tabla 32

Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, <u>almacenado durante 180 días</u> a 25 °C y 75% de humedad relativa.				
Tipo de cacao	Contenido de humedad %	% de granos invadidos por hongos		
		<u>A. glaucus</u>	<u>Penicillium</u>	<u>Alternaria</u>
FL	7.2	24	26	1
L	7.3	54	24	0
L'	7.4	83	26	5
F	7.5	12	4	16

Tabla 33

Contenido de humedad, prueba de corte, % de <u>ex</u> <u>tracto etéreo y acidez; de cacao fermentado la-</u> <u>vado (FL), a diferentes periodos de almacenamien</u> <u>to a 25°C y 75% de humedad relativa.</u>				
Días	Contenido de hume- dad %	P. de cor te % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	7.1	8	51.50	1.34
120	7.5	27	51.17	1.50
180	7.2	51	51.08	1.68

Tabla 34

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de <u>cacao lavado (L)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C y 75% de humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	7.0	3	51.52	1.54
120	7.2	10	51.04	1.72
180	7.3	28	50.89	1.81

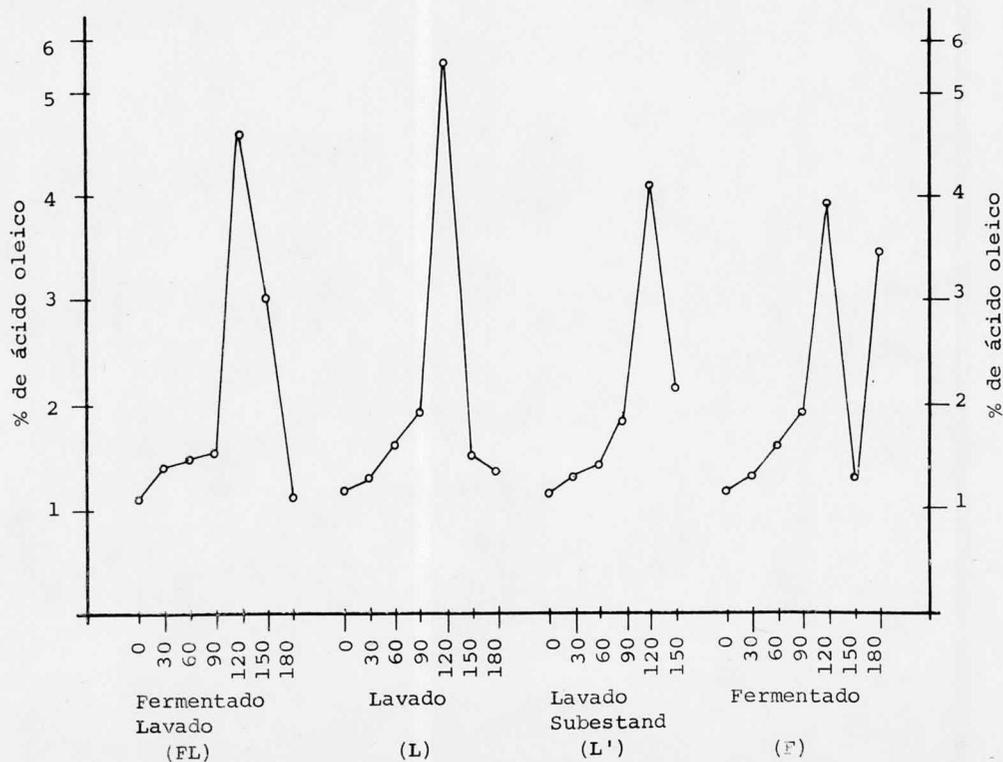
Tabla 35

Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez, de <u>cacao lavado sub-estándar (L')</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C y 75% de humedad relativa.				
Días	Contenido de humedad %	P. de corte % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	7.5	35	50.46	1.34
120	7.7	42	50.35	1.36
180	7.4	45	50.03	1.72

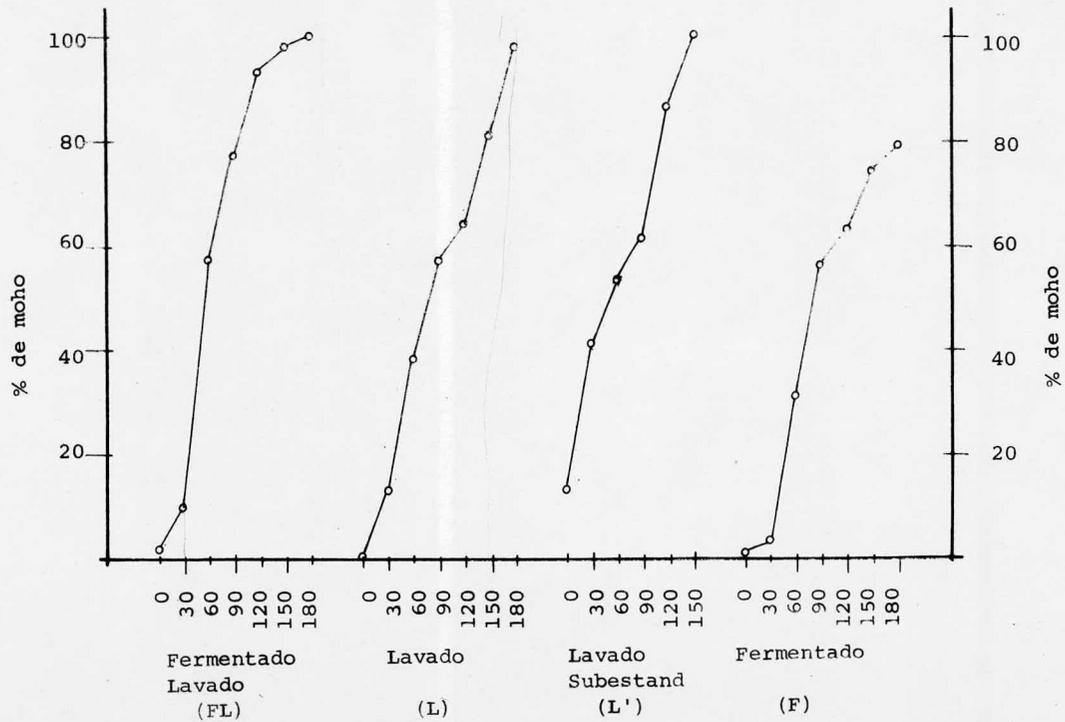
Tabla 36

Contenido de humedad, prueba de corte, % de - extracto etéreo y acidez; de <u>cacao fermentado</u> <u>(F)</u> a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C y 75% de humedad relativa.				
Días	Contenido de hume- dad %	P. de cor te % moho	Extracto etéreo %	Acidez % ác. oleico
60	7.5	2	51.08	1.22
120	7.9	3	50.85	1.61
180	7.5	7	50.57	1.85

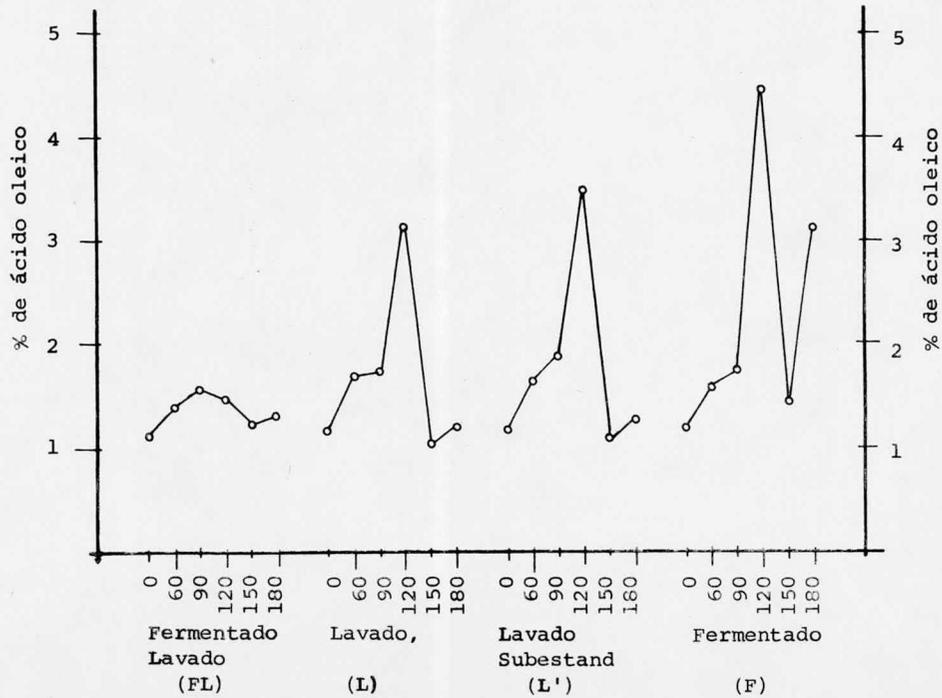
GRAFICA 1  
 CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS LIBRES, A DIFERENTES  
 PERIODOS DE ALMACENAMIENTO A 85% DE HUMEDAD RELATIVA Y 25°C  
 DATOS: TABLAS 10-13



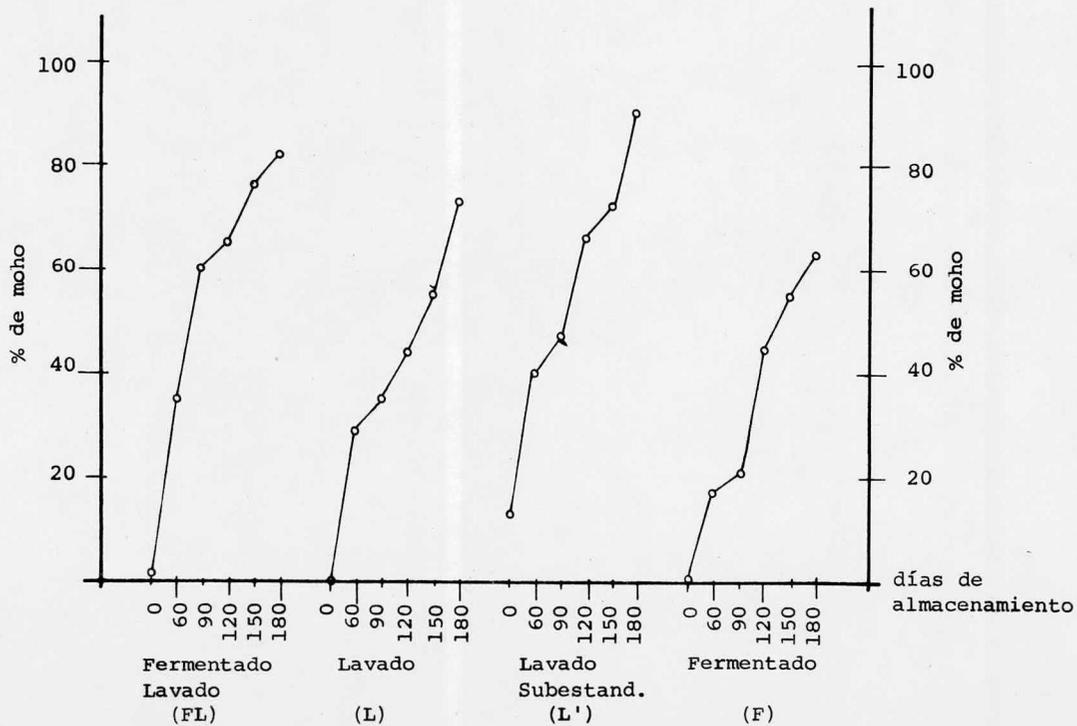
GRAFICA 2  
 POR CIENTO DE MOHO EN GRANOS DE CACAO  
 ALMACENADO A 85% DE HUMEDAD RELATIVA A 25°C  
 DATOS: TABLAS 10-13



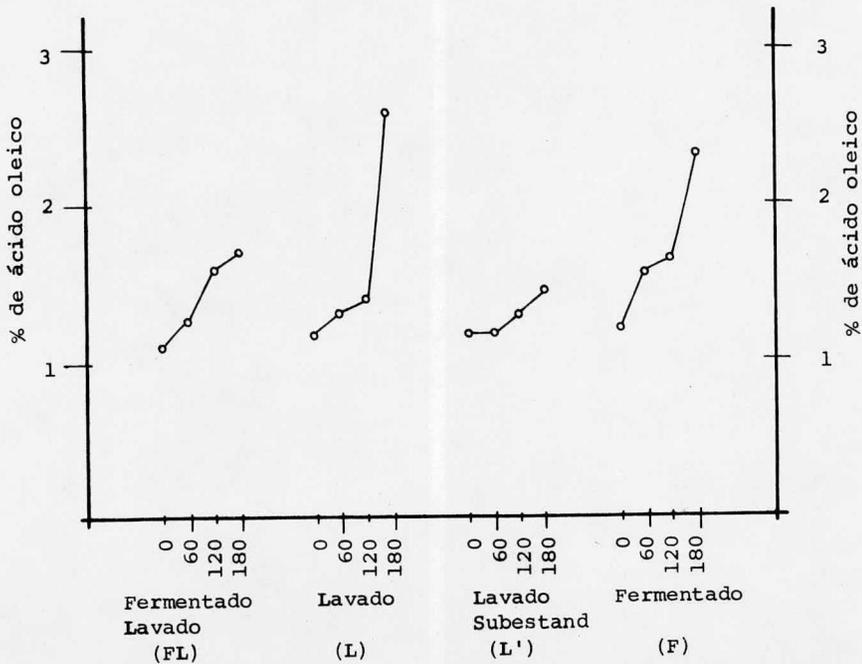
**GRAFICA 3**  
**CONTENIDO DE ACIDO GRASOS LIBRES, A DIFERENTES**  
**PERIODOS DE ALMACENAMIENTO A 80% DE HUMEDAD RELATIVA Y 25°C.**  
**DATOS: TABLAS 19-22**



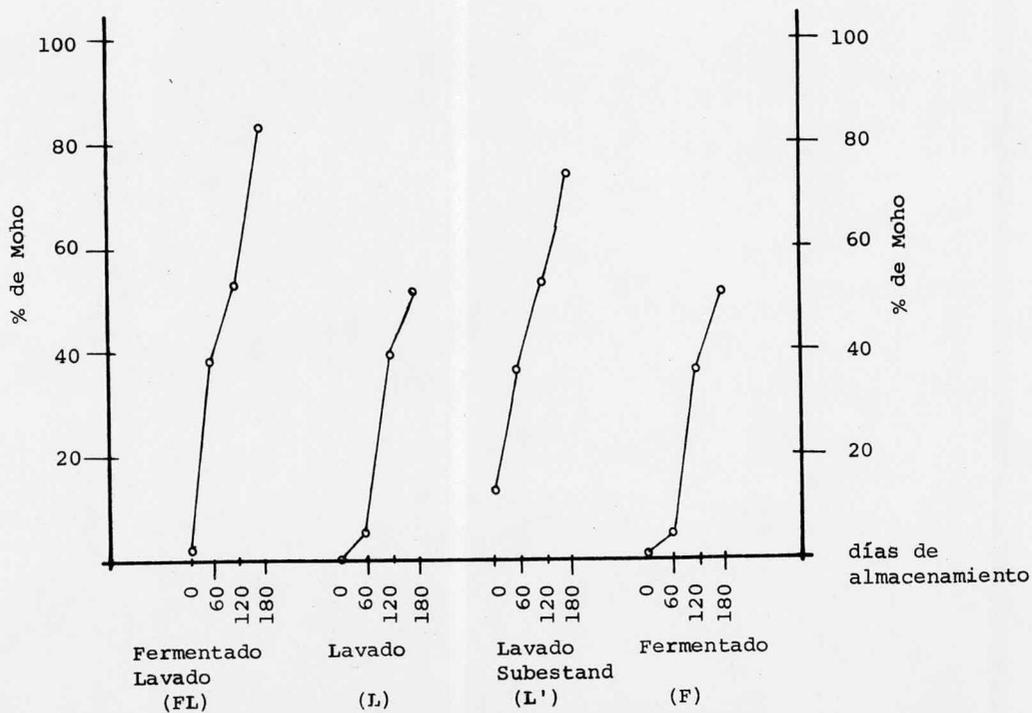
GRAFICA 4  
 POR CIENTO DE MOHO EN GRANOS DE CACAO  
 ALMACENADO A 80% DE HUMEDAD RELATIVA A 25°C.  
 DATOS: TABLAS 19-22



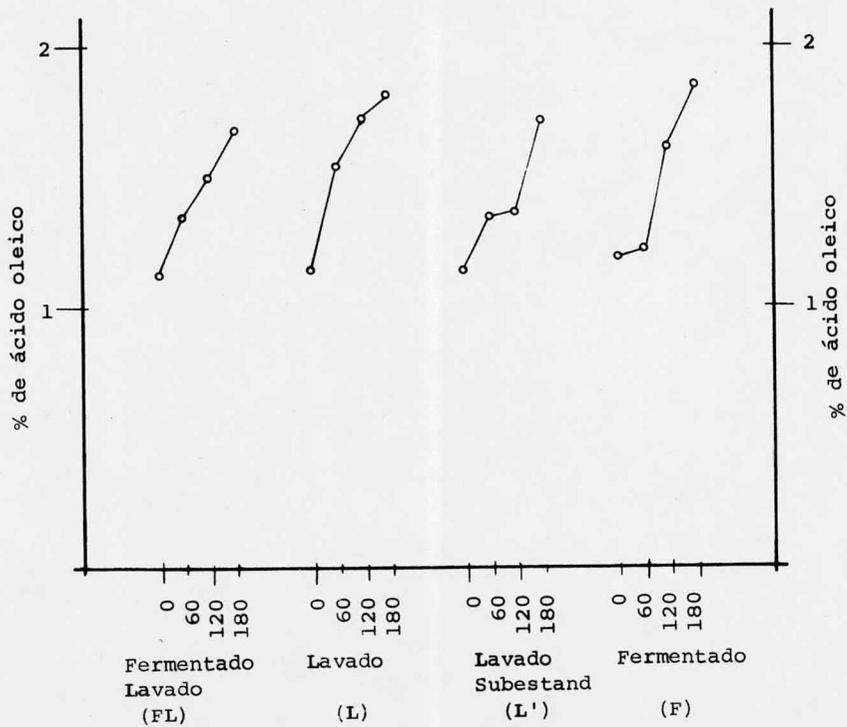
**GRAFICA 5**  
**CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS LIBRES A DIFERENTES**  
**PERIODOS DE ALMACENAMIENTO A 80% DE HUMEDAD RELATIVA Y 25°C.**  
**TRATADO CON EL FUNGICIDA TIABENDAZOL**  
**DATOS: TABLAS 26-29**



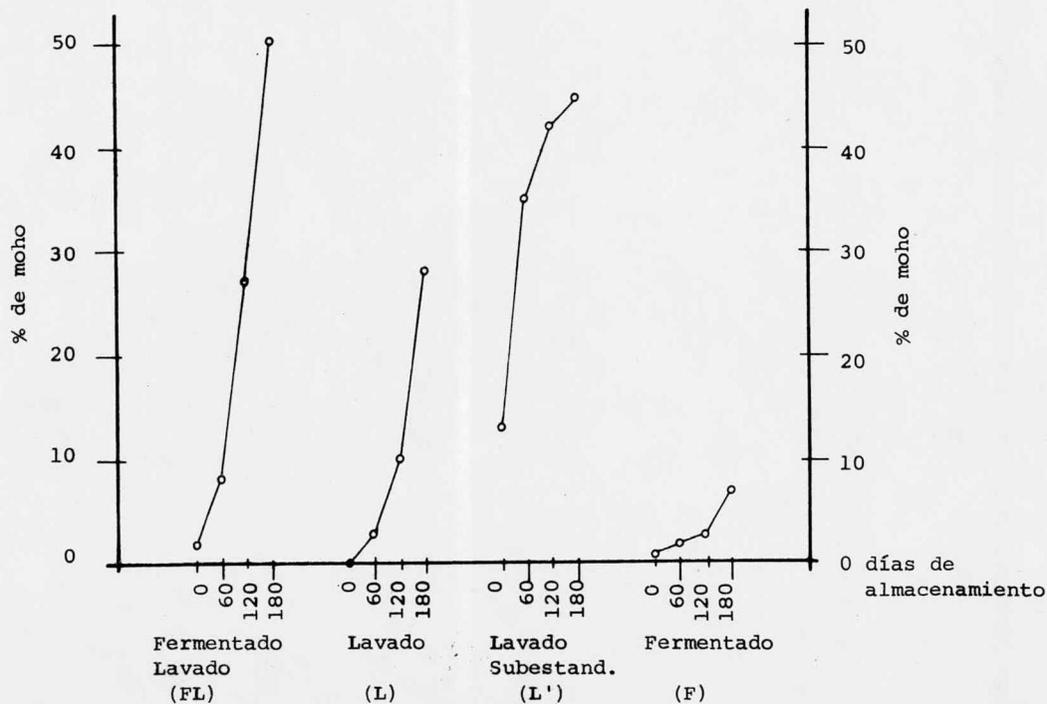
GRAFICA 6  
 POR CIENTO DE MOHO EN GRANOS DE CACAO  
 ALMACENADO A 80% DE HUMEDAD RELATIVA A 25°C  
 TRATADO CON EL FUNGICIDA TIABENZADOL  
 DATOS: TABLAS 26-29



**GRAFICA 7**  
**CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS LIBRES A DIFERENTES**  
**PERIODOS DE ALMACENAMIENTO A 75% DE HUMEDAD RELATIVA Y 25° C.**  
**DATOS: TABLAS 33-36**



GRAFICA 8  
 POR CIENTO DE MOHO EN GRANOS DE CACAO  
 ALMACENADO A 75% DE HUMEDAD RELATIVA A 25°C  
 DATOS: TABLA 33-36



## 5. CONCLUSIONES

Las humedades relativas de 80 y 85%, no permiten un buen almacenamiento del grano de cacao, ya que en corto tiempo, menos de un mes, se alcanzan porcentajes de granos con moho más altos que los permitidos por las normas comerciales.

Se puede almacenar el cacao en una humedad relativa de 75%, por periodos hasta de 4 meses, siempre y cuando la condición inicial del grano sea excelente, es decir, sin invasión por hongos, ya que éstos fácilmente se incrementan bajo las condiciones de humedad y temperatura que permiten su desarrollo.

Los hongos que atacan el grano de cacao son principalmente los microorganismos del grupo Aspergillus glaucus y especies del género Penicillium.

Sí existe diferencia en el comportamiento en almacenamiento de los diferentes tipos de cacao; siendo el más resistente el cacao fermentado sin lavar (F), después el cacao lavado (L) y el más susceptible al daño el cacao fermentado lavado (FL).

Aparentemente no existe relación entre el enmohecimiento y el contenido de extracto etéreo y la acidez de -

éste.

El fungicida tiabendazol no inhibe el ataque de hongos al grano de cacao, cuando es usado a una concentración de 750 ppm en 80% de humedad relativa y 25°C.

Es importante hacer notar que la presencia de A. flavus fué en un porcentaje bajo, desapareciendo posteriormente, lo que nos indica que este microorganismo no encuentra las condiciones adecuadas para su desarrollo.

Es necesario estudiar otras condiciones de almacenamiento, es decir, menores humedades relativas y temperaturas diferentes a las aquí probadas.

## 6. RESUMEN

Este trabajo se realizó en el laboratorio de Fitopatología del Instituto de Biología de la U.N.A.M., en colaboración con el laboratorio de Investigaciones Tecnológicas de la Comisión Nacional del Cacao.

Las condiciones de almacenamiento ejercen una gran influencia sobre la calidad del cacao, ya que éste es un producto delicado, que puede absorber fácilmente olores extraños y adquirir así un sabor desagradable. Cuando el cacao es almacenado en humedades relativas altas, absorbe agua, alcanzando contenidos de humedad superiores al 8%, que favorecen el desarrollo interno de mohos.

Los granos enmohecidos constituyen el defecto más grave para su comercialización, por lo que se fijaron como objetivos principales: determinar el efecto de las humedades en que se almacenó sobre la calidad del grano, ver si existían diferencias en cuanto a comportamiento entre los diferentes tipos, conocer las principales especies de hongos que lo invaden y probar su prevención con el fungicida tiabendazol.

Se utilizaron cuatro tipos de cacao: fermentado lavado (FL), lavado (L), fermentado sin lavar (F) y lavado de

calidad sub-estándar (L'); los cuales fueron almacenados a humedades relativas de 75, 80 y 85% a 25°C. En 80% de humedad relativa se almacenó además, cacao tratado con el fungicida tiabendazol a una concentración de 750 ppm.

En cada muestreo se determinó: contenido de humedad, prueba de corte, micoflora en medio de cultivo, extracto etéreo y acidez de éste.

El contenido de humedad aumentó en todas las condiciones probadas, estando por arriba del 8% en 80 y 85% - de humedad relativa y como consecuencia se incrementa el porcentaje de moho interno, lo que ocasiona el desdoblamiento de la grasa a ácidos grasos libres, que al ser consumidos por los hongos provocan una disminución en el contenido de extracto etéreo.

En 75% de humedad relativa el porcentaje de humedad no llegó al 8%, sin embargo, el por ciento de moho interno aumenta, aunque no en la misma proporción que en las condiciones anteriores, probablemente se debió a una distribución irregular del agua dentro del grano, el aumento de moho ocasiona disminución en el contenido de ex---tracto etéreo y aumento en la acidez.

En relación con el cacao almacenado y tratado con el

fungicida, éste mostró un porcentaje de moho interno similar al del cacao sin tratar, en cambio el contenido de extracto etéreo disminuye en mayor proporción y la acidez aumentó ligeramente.

Los resultados demuestran que las humedades relativas de 80 y 85% no son adecuadas para el almacenamiento del cacao, también se puede concluir que el fungicida utilizado no funciona en la forma aquí probada.

En 75% de humedad relativa el cacao completamente sa-no puede ser almacenado por un período máximo de cuatro meses.

Los principales hongos que atacaron el grano fueron - de los géneros Aspergillus y Penicillium, predominando los microorganismos del grupo A. glaucus.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Alexopoulos J. C.; Introducción a la Micología, EUDEBA, Buenos Aires, 1966.
2. Allen M. P. y Gottlieb K.; Mechanisms of action of the fungicide Thiabendazole 2(4' thiazolyl) benzimidazole. Applied Microbiology, pp. 916-926, 1970.
3. Barnett L. H. Hunter B. B.; Illustrated Genera of Imperfect Fungi, 3a. Edición, Burgess Publishing Company Minneapolis, Minnesota, 1972.
4. Bradeau J.; El Cacao, Editorial Blume, 1a. Edición, España, 1970.
5. Bracho, R. E. Vázquez R. y Wing M. A.; Situación del Cacao en México. Fondo de garantía de fomento para la Agricultura, Ganadería y Avicultura, México, 1972.
6. Características típicas que se requieren en el cacao fermentado; Carta de calidad para la exportación, IMCE, vol. 11 # 13, 1976.
7. Christensen C. M., Kaufmann H. H.; Contaminación por -

hongos en semillas y granos almacenados, Editorial Pax-México, México 1976.

8. Cook L. R.; Chocolate Production and Use, Pag. 27-44, Books for Industry, Inc. New York, 1972.

9. Enciclopedia de la Química Industrial, Análisis de Grasas y Aceites; Tomo 6, Ediciones Urna, España, 1970.

10. Grupo Nacional de Café y Cacao; Normas Técnicas para el cultivo del cacao, Ciencia y Técnica, Instituto Cubano del Libro, - La Habana, 1973.

11. Hansen P. A.; Wetty E. R.; Shen R.; Free Fatty Acid Content of Cocoa Beans Infested with Storage Fungi; Journal Agr. Food Chem., Vol. 21 No. 4, pp. 665-670, 1973.

12. ISO R114, Cut Test Cocoa Beans, Primera edición, Printed Switzerland, 1969.

13. ISO 2291, Cocoa Beans-Determination of moisture content, la. edición, Printed Switzer-

land, 1972.

14. ISO 2451, Cocoa Beans-Specification, 1a. edición, Printed in Switzerland, 1973.
15. Maravalhas N.; Micological Deterioration of Cocoa Beans during fermentation and storage in - Bahia, Revue Internationale de la Chocolaterie, Publication Mensuelle, Vol. XXI No. 8, pp. 375-378, 1966
16. Moreno M. E., Zamora J.; Guía para evitar problemas -- causados por hongos en semillas y -- granos almacenados; Merck Sharp & - Dohme de Méx., 1978.
17. McCloskey K.E.; Evaluación de almendras de cacao, Cacao 7(2) 9-11. Costa Rica, 1962.
18. Norma Oficial Mexicana NOM-F-129-S-1979 Cacao en grano lavado, secado y no fermentado.
19. Nosti N. J.; Cacao y Café; Editorial Revolucionaria, - 2a. edición, La Habana, Cuba, 1970.
20. Pixton S., Warburton S.; Moisture Content Relative Humidity Equilibrium of Some Cereal - Grains at Different Temperatures; J. stored Prod. Res., Vol. 6, pp. 283--



293, Pergamon Press. Printed in -  
Great Britain, 1971.

✓ 21. Ramírez G. M.; Almacenamiento Y Conservación de Gra-  
nos y Semillas, Primera edición,  
Compañía Editorial Continental, Mé-  
xico, 1979.

22. Rohan T. H.; El beneficio del cacao bruto destinado  
al mercado, Pag. 28-142. FAO, Ita-  
lia, 1964.

23. Senzel A., Reynolds H.; Associate Editors; Methods -  
of Analysis; Association of Offi--  
cial Analytical Chemists, 12a. ed.,  
Washington, 1975.

24. Un año al servicio del productor, Boletín Informati-  
vo, CONADECA, Villahermosa, Tabas-  
co, 1975.

25. Urguhart D. H.; Cacao; Editorial Revolucionaria, 2a.  
edición, La Habana, Cuba, 1960.

✓ 26. Winston P. W., Bates D. H.; Saturated Solutions for -  
the Control of Humidity in biologi-  
cal research, Ecology 41, pp. 232-  
237, 1960.

27. Zamora J.; El Modo de Acción de 2(4-tiazolil)-benzimidazole (tiabendazol); Una guía - modelo para su actividad biológica; División Agropecuaria, Merck Sharp & Dohme de Méx., 1978.

## 8. APENDICE

## 8.1. Indice de tablas

Tabla 1. Humedades relativas mínimas que permiten el desarrollo de <u>Aspergillus</u> y <u>Penicillium</u> a temperaturas óptimas - (27-30°C).....	6
Tabla 2. Temperaturas (°C) mínimas, óptimas y máximas para el desarrollo de los hongos de almacén.....	8
Tabla 3. Condición inicial de los diferentes tipos de cacao de: humedad, moho en prueba de corte, extracto etéreo, acidez y micoflora en medio de cultivo.....	30
Tabla 4. Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, almacenados durante 30 días a 25°C y 85% de humedad relativa.....	31
Tabla 5. Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, almacenado durante 60 días a 25°C y 85% de humedad relativa.....	32

- Tabla 6. Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, almacenado durante 90 días a 25°C y 85% de humedad relativa..... 33
- Tabla 7. Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, almacenado durante 120 días a 25°C y 85% de humedad relativa..... 34
- Tabla 8. Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, almacenado durante 150 días a 25°C y 85% de humedad relativa..... 35
- Tabla 9. Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao, almacenado durante 180 días a 25°C y 85% de humedad relativa..... 36
- Tabla 10. Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez ; de cacao fermentado lavado (FL) a diferentes períodos de almacenamiento a 25°C y 85% de humedad relativa..... 37
- Tabla 11. Contenido de humedad, prueba de cor

- te, % de extracto etéreo y acidez;  
de cacao lavado (L) a diferentes -  
periodos de almacenamiento a 25°C  
y 85% de humedad relativa..... 38
- Tabla 12. Contenido de humedad, prueba de -  
corte, % de extracto etéreo y aci-  
dez; de cacao lavado sub-estándar  
(L') a diferentes periodos de alma-  
cenamiento a 25°C y 85% de humedad  
relativa..... 39
- Tabla 13. Contenido de humedad, prueba de -  
corte, % de extracto etéreo y aci-  
dez; de cacao fermentado (F) a di-  
ferentes periodos de almacenamien-  
to a 25°C y 85% de humedad relativa.....40
- Tabla 14. Contenido de humedad y micoflora -  
de diferentes tipos de cacao, alma  
cenado durante 60 días a 25°C y -  
80% de humedad relativa..... 41
- Tabla 15. Contenido de humedad y micoflora -  
de diferentes tipos de cacao, alma  
cenado durante 90 días a 25°C y -

	80% de humedad relativa.....	42
Tabla 16.	Contenido de humedad y micoflora - de diferentes tipos de cacao, <u>alm</u> <u>cenado</u> durante 120 días a 25°C y 80% de humedad relativa.....	43
Tabla 17.	Contenido de humedad y micoflora - de diferentes tipos de cacao, <u>alm</u> <u>cenado</u> durante 150 días a 25°C y 80% de humedad relativa.....	44
Tabla 18.	Contenido de humedad y micoflora - de diferentes tipos de cacao, <u>alm</u> <u>cenado</u> durante 180 días a 25°C y 80% de humedad relativa.....	45
Tabla 19.	Contenido de humedad, prueba de - corte, % de extracto etéreo y aci- dez; de <u>cacao fermentado lavado</u> - (FL) a diferentes periodos de <u>alm</u> <u>cenamiento</u> a 25°C y 80% de humedad relativa.....	46
Tabla 20.	Contenido de humedad, prueba de - corte, % de extracto etéreo y aci- dez; de <u>cacao lavado</u> (L) a diferen	

- tes periodos de almacenamiento a -  
25°C y 80% de humedad relativa..... 47
- Tabla 21. Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y a cidez; de cacao lavado sub-están--dar (L') a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C y 80% de humedad relativa..... 48
- Tabla 22. Contenido de humedad, prueba de - corte, % de extracto etéreo y a cidez; de cacao fermentado (F) a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C y 80% de hume--dad relativa..... 49
- Tabla 23. Contenido de humedad y micoflo-  
ra de diferentes tipos de cacao tratado con tecto 60 a una con-  
centración de 750 ppm, almacenado durante 60 días a 25°C y 80% de humedad relativa..... 50
- Tabla 24. Contenido de humedad y micoflo-  
ra de diferentes tipos de cacao

- tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm, almacenado durante 120 días a 25°C y 80% humedad relativa..... 51
- Tabla 25. Contenido de humedad y micoflora de diferentes tipos de cacao tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm, almacenado durante 180 días a 25°C y 80% de humedad relativa..... 52
- Tabla 26. Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de cacao fermentado lavado (FL) a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C, 80% de humedad relativa y tratado con tecto 60 a una concentración de 750 ppm..... 53
- Tabla 27. Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de cacao lavado (L) a diferentes periodos de almacena--

miento a 25°C, 80% de humedad -  
relativa y tratado con tecto 60  
a una concentración de 750 ppm.....54

Tabla 28. Contenido de humedad, prueba de  
corte, % de extracto etéreo y a  
cidez; de cacao lavado sub-es--  
tañdard (L') a diferentes periodos  
de almacenamiento a 25°C, 80% de  
humedad relativa y tratado con -  
tecto 60 a una concentración de  
750 ppm.....55

Tabla 29. Contenido de humedad, prueba de  
corte, % de extracto etéreo y a  
cidez; de cacao fermentado (F)  
a diferentes periodos de almace  
namiento a 25°C. 80% de humedad  
relativa y tratado con tecto 60  
a una concentración de 750 ppm.....56

Tabla 30. Contenido de humedad y micoflo-  
ra de diferentes tipos de cacao,  
almacenado durante 60 días a -  
25°C y 75% de humedad relativa.....57

- Tabla 31. Contenido de humedad y micoflo-  
ra de diferentes tipos de cacao,  
almacenado durante 120 días a -  
25°C y 75% de humedad relativa..... 58
- Tabla 32. Contenido de humedad y micoflo-  
ra de diferentes tipos de cacao,  
almacenado durante 180 días a -  
25°C y 75% de humedad relativa..... 59
- Tabla 33. Contenido de humedad, prueba de  
corte, % de extracto etéreo y a  
cidez; de cacao fermentado lava  
do (FL) a diferentes periodos -  
de almacenamiento a 25°C y 75%  
de humedad relativa..... 60
- Tabla 34. Contenido de humedad, prueba de  
corte, % de extracto etéreo y a  
cidez; de cacao lavado (L) a di  
ferentes periodos de almacena--  
miento a 25°C y 75% de humedad  
relativa..... 61
- Tabla 35. Contenido de humedad, prueba de  
corte, % de extracto etéreo y a

cidez; de cacao lavado sub-estándar (L') a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C y 75% de humedad relativa..... 62

Tabla 36. Contenido de humedad, prueba de corte, % de extracto etéreo y acidez; de cacao fermentado (F) a diferentes periodos de almacenamiento a 25°C y 75% de humedad relativa.....63

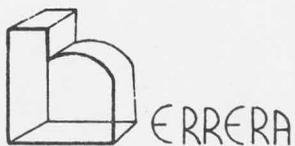
#### 8.1.1. Índice de gráficas

Gráfica 1. Contenido de ácidos grasos libres a diferentes periodos de almacenamiento a 85% de humedad relativa y 25°C..... 64

Gráfica 2. Por ciento de moho en grano de cacao almacenado a 85% de humedad relativa a 25°C.....65

Gráfica 3. Contenido de ácidos grasos libres a diferentes periodos de almacenamiento a 80% de humedad relativa y 25°C..... 66

- Gráfica 4. Por ciento de moho en grano de cacao almacenado a 80% de humedad relativa a 25°C.....67
- Gráfica 5. Contenido de ácidos grasos libres a diferentes periodos de almacenamiento a 80% de humedad relativa y 25°C, tratado con el fungicida tiabendazol.....68
- Gráfica 6. Por ciento de moho en grano de cacao almacenado a 80% de humedad relativa a 25°C, tratado con el fungicida tiabendazol.....69
- Gráfica 7. Contenido de ácidos grasos libres a diferentes periodos de almacenamiento a 75% de humedad relativa. y 25°C.....70
- Gráfica 8. Por ciento de moho en grano de cacacao almacenado a 75% de humedad - relativa a 25°C..... 71



**TESIS**

**Tesis por computadora  
único sistema en el país**

Paseo de las Facultades No. 32-C  
Ciudad Universitaria

Tels. 548-62-29 548-32-17