



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“Identificación de la microflora micótica y cuantificación de aflatoxinas
en 4 variedades de chiles secos de segunda calidad”**

TESIS

**Que para obtener el título de
Ingeniera en Alimentos**

PRESENTA:

FLORES VEGA MARLEN

ASESORES:

**DRA. SARA ESTHER VALDÉS MARTÍNEZ
DR. ROBERTO ARNULFO CERVANTES OLIVARES**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



INDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO I. ANTECEDENTES DEL CHILE	
1.1 Generalidades del chile.....	10
1.2 Clasificación taxonómica del chile	11
1.3 Generalidades y descripción botánica de cada variedad.....	12
Chile Guajillo.....	12
Chile Pasilla.....	13
Chile Ancho.....	14
Chile Piquín.....	15
1.4 Composición química.....	16
1.5 Principales componentes de los chiles secos.....	17
1.6 Producción mundial del chile.....	18
1.7 Producción y principales chiles cultivados en México.....	21
1.8 Clasificación y designación del chile en base a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.....	24
Especificaciones sensoriales.....	25
1.9 Factores que afectan la calidad del chile.....	25
1.10 Industrialización del chile.....	26
Secado en planta.....	26
Secado por sol.....	27
Secado por paseras.....	27
Secado por paseras modificadas.....	27
1.11 Principales usos del chile seco	28
CAPITULO II. GENERALIDADES DE LOS HONGOS	
2.1 Generalidades de los hongos.....	30
2.2 Clasificación de los hongos.....	30
2.2.1 Hongos de campo.....	30
<i>Fusarium</i>	31
<i>Alternaria</i>	32
<i>Cladosporium</i>	32
<i>Helminthosporium</i>	32
2.2.2 Hongos de almacén.....	33
<i>Aspergillus glaucus</i>	33
<i>Aspergillus flavus</i>	34
<i>Aspergillus versicolor</i>	34
<i>Penicillium</i>	35
2.2.3 Hongos de deterioro avanzado.....	35



<i>Aspergillus niger</i>	36
<i>Aspergillus fumigatus</i>	36
<i>Rhizopus</i>	37
CAPITULO III. MICOTOXINAS	
3.1 Generalidades de las micotoxinas.....	39
3.2 Especies productoras de micotoxinas.....	40
3.3 Factores que afectan la producción de micotoxinas.....	41
3.4 Efectos de la intoxicación por micotoxinas.....	42
3.5 Control y detoxificación de las micotoxinas.....	43
3.6 Impacto económico y social de las micotoxinas	46
3.7 Legislación sobre la presencia de micotoxinas en alimentos.....	46
CAPITULO IV. ANTECEDENTES DE AFLATOXINAS	
4.1 Generalidades de aflatoxinas.....	51
4.2 Clasificación de aflatoxinas.....	51
4.3 Efectos de aflatoxinas.....	54
Exposición aguda.....	54
Exposición crónica.....	54
4.4 Métodos de cuantificación e identificación de aflatoxinas.....	55
4.4.1 Técnicas de extracción y limpieza.....	56
Extracción de columnas de inmunoafinidad.....	56
4.4.2 Técnicas de exploración o screening.....	57
Inmunoensayos.....	57
4.4.3 Técnicas de confirmación.....	57
Cromatografía en capa fina.....	57
Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).....	58
OBJETIVOS	
Objetivo general.....	60
Objetivos particulares.....	60
CAPITULO V. METODOLOGIA	
5.1 Cuadro metodológico.....	62
5.2 Muestreo de las variedades de chile seco.....	63
5.3 Clasificación de las cuatro variedades de chile seco.....	64
5.4 Porcentaje de Humedad de las cuatro variedades de chile seco.....	64
5.5 Técnica de siembra directa del chile seco.....	65
5.6 Técnica de microcultivo.....	67
5.7 Identificación al microscopio.....	67
5.8 Identificación de las cepas.....	68
5.9 Metodología de la cuantificación de aflatoxinas.....	69



CAPITULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Clasificación de las cuatro variedades de chile seco.....	72
6.2 Porcentajes obtenidos en base a la clasificación de calidad de las cuatro variedades de chile seco.....	76
6.3 Porcentaje de Humedad de las cuatro variedades de chile seco.....	79
6.4 Análisis estadístico (ANOVA) para el porcentaje de Humedad.....	84
6.5 Identificación de la flora micotica en las cuatro variedades de chile seco	87
6.6 Cuantificación de aflatoxinas.....	91
6.7 Análisis estadístico (ANOVA) para cuantificación de aflatoxinas.....	95
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXO	111



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del <i>Capsicum</i> y Pimiento.....	16
Tabla 2. Principales países productores de chile (toneladas)	18
Tabla 3. Principales países productores de chile (área sembrada).....	19
Tabla 4. Producción por tipo de chile en México (toneladas)	20
Tabla 5. Principales regiones y Estados productores de chile.....	22
Tabla 6. Principales Estados Productores de Chile.....	23
Tabla 7. Clasificación de los chiles en base a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.....	24
Tabla 8. Clasificación de tamaño por tipo de chile seco.....	25
Tabla 9. Condiciones óptimas de crecimiento para algunas especies de hongos.....	30
Tabla 10. Clasificación taxonómica de los hongos de campo.....	31
Tabla 11. Clasificación taxonómica de los hongos de almacén.....	33
Tabla 12. Clasificación taxonómica de los hongos de deterioro avanzado.....	36
Tabla 13. Principales géneros productores de micotoxinas y especies micotoxigenas.....	39
Tabla 14. Principales especies productoras de micotoxinas.....	40
Tabla 15. Condiciones de producción de micotoxinas por diferentes hongos	41
Tabla 16. Principales micotoxinas y sus efectos tóxicos.....	43
Tabla 17. Estrategias para el control de micotoxinas.....	44
Tabla 18. Tolerancia de aflatoxinas en alimentos para algunos países.....	48
Tabla 19. Micotoxinas producidas por la especie de <i>Aspergillus</i> y sus efectos tóxicos.....	52
Tabla 20. Principales ventajas e inconvenientes de las técnicas de extracción y limpieza.....	56
Tabla 21. Porcentajes obtenidos en base a la calidad de las cuatro variedades de chile seco...	76
Tabla 22. Porcentajes obtenidos de la clasificación de calidad en las variedades de chile seco.	78
Tabla 23. Porcentaje de Humedad en las cuatro variedades de chile seco.....	80
Tabla 24. Porcentaje de Humedad del chile seco en las cuatro Centrales de Abasto De la Zona Metropolitana.....	81
Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para porcentaje de Humedad.....	84
Tabla 26. Resumen de los resultados del análisis estadístico ANOVA.....	85
Tabla 27. Límites máximos permitidos en base a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.....	86
Tabla 28. Datos obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas en el chile Guajillo.....	92
Tabla 29. Cuantificación de aflatoxinas en los chiles secos.....	94
Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) para cuantificación de aflatoxinas.....	95
Tabla 31. Resumen de los resultados del análisis estadístico ANOVA	96



INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución de la producción Mundial de chile en 2006.....	20
Gráfico 2. Distribución de la producción de chile en México 2003.....	21
Gráfico 3. Porcentaje de la población mundial con reglamentos para las micotoxinas.....	47
Gráfico 4. Resultados del porciento de humedad en el chile seco.....	83

INDICE DE FOTOS

Foto 1. Chile Guajillo.....	12
Foto 2. Chile Pasilla.....	13
Foto 3. Chile Ancho.....	14
Foto 4. Chile Piquín.....	15

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Morfología microscópica del <i>Fusarium</i>	31
Imagen 2. Morfología microscópica de la <i>Alternaría</i>	32
Imagen 3. Morfología microscópica del <i>cladosporium</i>	32
Imagen 4. Morfología microscópica del <i>Helminthosporium</i>	33
Imagen 5. Morfología microscópica del <i>A. glaucus</i>	34
Imagen 6. Morfología microscópica del <i>A. flavus</i>	34
Imagen 7. Morfología microscópica del <i>A. versicolor</i>	35
Imagen 8. Morfología microscópica del <i>Penicillium</i>	35
Imagen 9. Morfología microscópica del <i>A. niger</i>	36
Imagen 10. Morfología microscópica del <i>A. fumigatus</i>	37
Imagen 11. Morfología microscópica del <i>Rhizopus</i>	37



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de Capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida, C ₁₈ H ₂₇ NO ₃)	18
Figura 2. Factores que afectan el crecimiento fúngico y la producción de micotoxinas.....	42
Figura 3. Interacción de micotoxinas	44
Figura 4. Sistema de control para micotoxinas	45
Figura 5. Estructura química de las aflatoxinas más conocidas	53
Figura 6. Biotransformación de aflatoxinas	55
Figura 7. Características morfológicas del <i>Aspergillus</i>	68
Figura 8. Hongos identificados en las cuatro variedades de chile seco.....	69
Figura 9. Metodología de la cuantificación de Aflatoxinas.....	70
Figura 10. Chile Guajillo.....	72
Figura 11. Chile Pasilla.....	73
Figura 12. Chile Ancho.....	74
Figura 13. Chile Piquín	75
Figura 14. Hongos identificados en chile Guajillo	87
Figura 15. Hongos identificados en chile Pasilla	88
Figura 16. Hongos identificados en chile Ancho.....	89
Figura 17. Hongos identificados en chile Piquín.....	90



INTRODUCCIÓN

El cultivo hortícola de chile cuenta con significado histórico y cultural en México, es tal vez el único alimento básico presente a diario en la dieta del mexicano. Se consume en fresco, seco o en conserva, como componente en guisos, salsas, dulces y nieves. La mayor parte de la producción del chile fresco se seca, para su posterior venta como chile entero o para ser procesado. Los procedimientos desde la colecta hasta el secado, se llevan a cabo en su mayoría sin Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), lo cual no puede bajo ningún motivo garantizar la inocuidad alimentaria de los mismos.⁴²

Las diferentes variedades de chiles secos se venden a diferentes precios, de acuerdo con la clasificación de calidad, según la NMX-FF-107/1-SCFI-2006: extra, primera, segunda, tercera, clasificación que se hace en base al número, tipo de defecto y el área afectada en los chiles.

El mejor chile, se comercializa como de primera y normalmente es chile seco entero sin daño aparente y la menor parte se vende como de segunda con daño aparente pero completos, el resto es de calidad inferior con daño aparente y en pedazos que se clasifica como tercera calidad, chile que se dirige a algunas industrias que los emplean para procesarlo, obteniendo productos de mayor valor agregado. Dentro de los chiles más importantes en México se encuentran: piquín, árbol, guajillo, pasilla, ancho, chipotle y cascabel.

La especie chile (*capsicum annum* L.) es un cultivo con distribución y uso mundial, siendo México uno de los principales productores de Chile en el mundo, por las condiciones climáticas que favorecen el crecimiento de infinidad de variedades, se emplea para dar color y sabor característico a varios platillos mexicanos, es el único presente a diario en la dieta del mexicano. Hoy en día el comportamiento de la producción y consumo del chile es creciente, puede decirse que es de los más favorables para la industria, pues se sabe que se consume dentro de la alimentación en estado fresco, deshidratado o seco, pero su principal uso es como condimento debido a su principio picante, se consume en salsa botaneras, en la elaboración de alimentos como: cárnicos, pastas, enlatados, sazónadores, botanas, etc.,^{13,19}

Un mal manejo e inadecuado almacenamiento del chile seco resultan en pérdidas millonarias para México, representando hasta un 30% de la producción Nacional, siendo el crecimiento de hongos, uno de los factores que incide en esas pérdidas. Los mohos toxigénicos se reproducen y producen sus metabolitos tóxicos cuando se encuentran bajo las condiciones adecuadas (Composición, humedad, temperatura, tiempo).

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por algunos hongos y representan una amenaza debido a su gran toxicidad y prevalencia, las aflatoxinas son las toxinas producidas principalmente por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, toxinas hepatotóxicas que están clasificadas como compuestos carcinógenos.⁵¹

La presencia de micotoxinas ha sido detectada en diversos alimentos, estudios recientes indican que la coexistencia de aflatoxinas puede representar un mayor riesgo para quien consuma alimentos contaminados con ellas, ya que provoca cáncer de hígado y riñón, así como la alteración del sistema inmunológico.



CAPITULO I

ANTECEDENTES

DEL CHILE



I. ANTECEDENTES DEL CHILE

1.1 GENERALIDADES DEL CHILE

El género *Capsicum*, de la familia de plantas solonáceas, denominado así en el siglo XVI por los herbarios europeos, en varias lenguas occidentales el *Capsicum* lleva un nombre relacionado con la pimienta. En inglés *chili pepper*; en francés, *piment enragé* o *poivre rouge*; en italiano *peperone* y *pimentão picante* en portugués.^{5,41}

La palabra española “chile”, modificación de la náhuatl chilli, sigue siendo utilizada en México y América Central. Los arahuacos, grupo cultural de la zona del Caribe, lo denominaban en el siglo XVI ají o axí. Actualmente, en el lenguaje popular, utiliza varios nombres según su apariencia (chile verde, güero o largo), según el tamaño, los colores y las formas que tiene cada variedad o bien indicando su procedencia (poblano o jalapeño) de acuerdo a su etapa de madurez.⁴¹

Se considera que el chile (*Capsicum annuum*) fue la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica, llamados Cococ, Cocopatic y Cocopalatic, desde la época prehispánica en náhuatl para categorizar la variedad de chiles según su grado de pungencia (picantes, muy picantes y picantísimos), factor determinado por la cantidad de capsicina ($C_{18}H_{27}NO_3$) en el fruto que se encuentra principalmente en la placenta del chile.^{5,12,41}

El género *Capsicum* comprende un grupo diverso de variedades, tanto de chiles dulces, como picantes, originarios de los trópicos del continente americano, son cinco las especies que son comercialmente cultivadas.^{18,37,48}

- *Capsicum Annuum*
- *Capsicum frutescens*
- *Capsicum baccatum*
- *Capsicum pubescens*
- *Capsicum chinense*

Las variedades de *Capsicum annuum* se encuentra distribuido en todo el mundo y es actualmente la especie más importante en la alimentación, debido a la variabilidad de formas, usos, aromas y colores que presentan, el clima y las condiciones a las cuales son cultivados, juegan un papel importante en las características de cada variedad de chile. El chile es utilizado como condimento dentro de la dieta, ya que se emplea en la preparación de diferentes platillos por las contribuciones de color, pungencia y aroma, aunado a una pujante industria de proceso y extracción de oleorresinas.^{12,18,31,43,48}



El color de cada una de las variedades del *C. annuum* es variable, comienza como un fruto verde y al finalizar su madurez toma un color de rojo a rojo oscuro, que depende de la capacidad de cada variedad para efectuar la síntesis de carotenoides y al mismo tiempo de la capacidad que tienen para retener pigmentos.^{17,29,48}

La calidad del chile depende en gran parte de la forma, el color, aroma y el sabor que es característico de cada variedad.¹²

1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CHILE

El género *Capsicum annuum* se clasifica de acuerdo al reino, división, clase, orden y familia como se presenta a continuación.^{5,31,41}

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Solanales

FAMILIA: Solonáceae

GÉNERO: *Capsicum*

ESPECIE: *annuum*

1.3 GENERALIDADES Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE CADA VARIEDAD

• CHILE GUAJILLO

Es un fruto de forma variada, pero generalmente alargada, su cuerpo es cilíndrico, liso y con leves ondulaciones, mide en promedio unos 10 cm de largo y 3 cm de ancho, de color café rojizo, piel tersa (Foto1), cuando se encuentra en estado fresco se le conoce como el chile Mirasol. Su producción comercial es en mayor parte secado de forma natural en planta.^{41,53,76,79}



FOTO 1. Chile Guajillo

Especie: *C. Annum*

Este tipo de chile es medianamente picante. También conocido como puya o colmillo de elefante, en base a la pungencia de los mismos se conocen 3 variedades:

- Guajillo ancho (muy suave y no pica)
- Guajillo chico (de picor moderado)
- Guajillo puya (muy picante)

Pungencia: Semipicante

Usos del chile Guajillo

El chile Guajillo es más utilizado como chile seco, pues se usa como parte de gran variedad de platillos típicos como: moles, salsas picantes, este chile no solo se emplea para preparaciones alimenticias, se pueden extraer colorantes naturales en aplicaciones industriales.^{41,42,76,77}

Estados donde se produce el chile Guajillo

Los principales estados productores de chile guajillo son:

- Zacatecas
- Aguascalientes
- Durango
- San Luis Potosí.

◆ CHILE PASILLA

Es un chile de cuerpo ondulado con forma alargada (Foto 2), mide de 15 a 30 cm de largo y de 2 a 4 cm de ancho, color café negrusco, superficie brillante y arrugada y sabor picante, su nombre se debe a que cuando se seca, este se arruga como la uva pasa. Su producción se destina casi exclusivamente para deshidratado con una pequeña cantidad que se consume en fresco.^{41,52,53,77}



FOTO 2. Chile Pasilla

Especie: *C. annuum*

Tiene nombre de Chilaca en estado fresco, su producción se destina casi exclusivamente para deshidratado, pues solo una pequeña cantidad es consumido en fresco.

Nombres alternos

- ◆ Chile negro
- ◆ Chile prieto

Pungencia: Semipicante

Usos del chile Pasilla

Se emplea para hacer un sin número de salsas, como la salsa que lleva su nombre: salsa de chile pasilla, salsa borracha (preparada con pulque), en diferentes tipos de moles, adobos y puede acompañar diferentes guisos.^{76,79}

Estados donde se produce el chile Pasilla

Se produce principalmente en los Estados de:

- ◆ Aguascalientes
- ◆ Jalisco
- ◆ Guanajuato
- ◆ Zacatecas
- ◆ Nayarit
- ◆ Oaxaca

◆ CHILE ANCHO

Es un fruto grande de forma cónica irregular de 8 a 15 cm de longitud, su piel es de textura rugosa y brillante (Foto 3). Al secarse toma un color rojo oscuro.^{41,52,53}



FOTO 3. Chile Ancho

Especie: *C. annuum*

En estado verde se llama Poblano, su producción como chile seco se logra en su mayor parte al deshidratar artificialmente los frutos, aunque una parte importante de este tipo de chiles es comercializado en fresco.

Nombres alternos:

- ◆ Chile pasilla en Morelia Michoacán.
- ◆ Chile joto en Aguascalientes.
- ◆ Chile de ramos en Ramos Arizpe Coahuila.

Pungencia: Semipicante

Usos del Chile Ancho

Es uno de los chiles más utilizados en diferentes formas dentro de la cocina mexicana por su versatilidad en platillos mexicanos como: moles y salsas picantes.^{76,79}

Estados donde se produce el Chile Ancho

Se domesticó básicamente en:

- ◆ Valle de Puebla
- ◆ Se desplazó al Bajío
- ◆ Zacatecas

◆ CHILE PIQUÍN

En México *Capsicum annuum var. aviculare* es considerada como el progenitor silvestre, se encuentra ampliamente difundida en toda la zona costera del país, en donde recibe un sinnúmero de nombres locales, entre los que sobresalen los de “chile piquín del monte”, “silvestre”, etc. Se encuentra en altitudes inferiores a 1,300m, distribuido en las Zonas costeras de México; por lo que su importancia es más regional, por tal razón se justifica su diversidad de nombres, como alimento proporciona proteínas y cenizas y representa una fuente de ingresos en las regiones que se presenta.²⁹

Existen 2 variedades de este chile, la forma redondeada lleva el nombre de Chiltecpin o Chiletepin y al chile alargado y puntiagudo se le conoce como chile piquín, es un fruto pequeño, de 6 a 7 mm de largo, las dos formas maduran en tono rojo vivo y se desprenden fácilmente del pedúnculo. El chile piquín (Foto 4), es el más pequeño y adquiere diferente nombre dependiendo de la zona donde fue recolectado.^{41,79,81}



FOTO 4. Chile Piquín

Especie: *C. annuum*

Variedad: *aviculare*

Nombres alternos:

- ◆ Ah max
- ◆ Amash
- ◆ Chilpaya
- ◆ Chile pulga (del náhuatl chiltecpin)
- ◆ Gachupín
- ◆ Ululte^{41,81}

Pungencia: Muy picante

Usos del chile Piquín

Utilizado principalmente como chile en polvo, aunque se puede utilizar en la elaboración de algunas salsas.

Estados donde se produce el chile Piquín

Esta variedad de chile se produce principalmente:²⁹

- ♥ Sonora
- ♥ Tamaulipas
- ♥ Yucatán
- ♥ Quintana Roo
- ♥ Chiapas

1.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El cultivo del chile seco es un especie perteneciente al grupo de las hortalizas, plantas herbáceas, principalmente de ciclo anual o bienal, los productos de las plantas del chile son usados en la alimentación humana en estado natural o procesados, presentando un alto contenido de agua (mayor al 70%) lo que provoca corta vida útil en la poscosecha de los mismos. Considerado como condimento dentro de la dieta básica del país por mucho tiempo y hasta la actualidad, ahora se comprueba en investigaciones medicas que es un potencial de vitaminas en especial la C.^{12,18,34,67}

La literatura reporta que el chile es rico en vitaminas y minerales, proporcionan agua y contienen de 50 a 200 mg/100mg de vitamina C, la cantidad de nutrientes que proporcionan varían según la variedad de chile y la época de cosecha de los mismos.^{29,31,36,42,70}

En la Tabla 1. Se muestra la composición química de cuatro variedades de chile seco (guajillo, pasilla, ancho y piquín), donde se especifica el aporte nutrimental de cada variedad, los porcentos de nutrientes y Kcal que aporta cada variedad.

TABLA 1. Composición química del *Capsicum* y Pimiento.

Chile				
	Guajillo	Pasilla	Ancho	piquín
Energía (Kj)	979.0	1343.0	1209.00	870.0
Energía (Kcal)	234.0	321.0	289.0	208.0
Humedad (%)	15.4	12.70	13.90	9.50
Cenizas (g)	6.10	5.70	4.60	4.0
Proteína bruta (g)	12.60	14.60	11.50	12.30
Fibra bruta (g)	20.40	12.68	9.93	38.0
Cal (mg)	140.0	105.0	94.0	
P (mg)	171.0	163	196.0	
Fe (mg)		6.3		
Tiamina	0.23	0.43	0.18	0.56
Riboflavina	1.12	1.0	1.03	0.44
Niacina	5.11	7.84	5.25	15.20
Ácido ascórbico	65.6	54.5	75.7	71.1

FUENTE: CD. Composición Química de los Alimentos. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. 1999. ISBN-968-6499 253.1ª Edición.



Dentro de la Tabla 1, se puede observar que el chile pasilla aporta 14.60g de proteínas, siendo este el chile que tiene la mayor aportación de nutrientes, tanto en proteínas como en energía total pues tiene un aporte de 321 Kcal. En las 4 variedades de chiles se observa un aporte notorio en cuanto a la cantidad de proteínas, sin embargo el piquín es el que tiene el mayor aporte en cuanto a la cantidad de fibra, el chile guajillo aporta 140mg de calcio, y el chile ancho tiene un aporte de 75.7 mg de ácido ascórbico.

1.5 PRINCIPALES COMPONENTES DE LOS CHILES SECOS

Los chiles secos tienen como principales componentes: oleorresina, capsaicinoides y pigmentos que son compuestos con alto valor dentro del mercado internacional.^{13,34}

Oleorresinas

Las oleorresinas son extractos de naturaleza oleosa, obtenidos de especias o diferentes plantas que proporcionan a los productos color, sabor y percepción picante, presentan múltiples ventajas de manejo, dosificación, estandarización, almacenamiento y control microbiológico. Las oleorresinas del aji picante y paprika pueden ser usadas como saborizantes, aromas y colorantes para quesos, salchichas, mortadelas, chorizos, entre otros.⁵⁷

Principalmente las oleorresinas de capsicum están compuestas por diferentes carotenoides con propiedades pungentes (picantes) y pigmentantes, los más importantes son la capsaicina que es la responsable del principio de pungencia, capsantina y capsorrubina, son las encargadas de la coloración naranja o rojiza de los frutos.⁵⁷

Carotenoides

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales. Se conocen alrededor de 600 compuestos de esta familia, que se dividen en dos tipos básicos: los carotenos, que son hidrocarburos formados por átomos de carbono y dobles enlaces que propician inestabilidad característica de estos pigmentos y las xantofilas, sus derivados oxigenados. Los chiles secos son ricos en estos compuestos, ya que tienen la función de ser actividad de pro vitamina A.⁵

Capsaicina

Es el componente responsable del comportamiento picante en mayor o menor grado de los frutos del género *Capsicum*, localizándose fundamentalmente en sus semillas y membranas, es un compuesto orgánico de nitrógeno de naturaleza lipídica, frecuentemente clasificado como un alcaloide, se trata de un protoalcaloide, cuya formulación es $C_{18}H_{27}O_3N$, siendo un producto de condensación del ácido decilénico y de la 3-hidroxi-4metoxi benzilamida. La capsaicina es un compuesto lipofílico, inodoro, incoloro. En la Figura 1, se muestra la estructura química de la capsaicina.^{5,57}

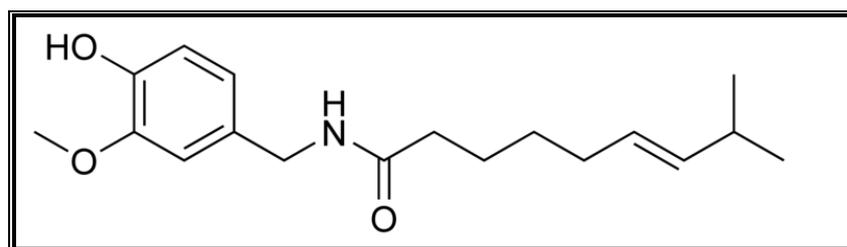


FIGURA 1. Estructura química de Capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida, C₁₈H₂₇NO₃)
FUENTE: <http://flickr.com/photos/zentolos/2928089401>

Los chiles son ricos en compuestos que sirven para dar color a otros productos gracias a su gran contenido de carotenoides (especialmente capsanteno y capsorrubeno) y al mismo tiempo sabor, ejemplo claro es la capsaicina que es uno de los principales componentes en los chiles, es la encargada de dar el sabor picante característico a gran variedad de alimentos.^{12,30,36,67}

La concentración de capsaicina en las especies de capsicum es de 0.01 a 1.2%, dependiendo de la variedad, condiciones de cultivo, de secado y almacenamiento, son los componentes más picantes de las especias y aumenta durante el procesado y almacenamiento.^{28,30}

1.6 PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL CHILE

México destaca a nivel mundial por tener la mayor variedad genética de *Capsicum annuum*, que ha dado origen a un gran número de variedades o tipos de chiles, entre los que destacan el serrano, jalapeño, ancho, pasilla, guajillo y de árbol.

Curiosamente no es el productor más importante, como se observa en la Tabla 2. China es el principal productor de Chile, anualmente rebasan por muchas toneladas a la de otros países productores de Chile. México está ubicado en segundo lugar a nivel mundial al producir 1,853.610 toneladas anualmente.

La Tabla 2. Presenta la producción por año del 2000 al 2003 donde se observa la producción anual de los principales países productores de Chile a nivel mundial.

TABLA 2. Principales países productores de Chile (toneladas).

PAÍS / AÑO	2000	2001	2002	2003
China	9,436,452	9,883,584	10,534,871	11,534,871
México	1,734,630	1,870,890	1,784,540	1,853,610
Turquía	1,480,000	1,560,000	1,750,000	1,760,000
España	946,762	979,151	979,500	994,200
EUA	912,990	857,330	843,910	845,310
Otros	6,268,940	6,186,589	6,225,502	6,259,671
Total	20,779,774	21,337,544	22,118,323	23,247,662

FUENTE: <http://apps.fao.org/faostat> Consultada el 16 Mayo del 2007

Se puede observar en la Tabla 2, que China es el país que ha ido aumentando su producción anual, caso contrario ocurre con EUA pues su producción total de Chile va disminuyendo considerablemente, sin embargo México no cuenta con una estabilidad, en cuanto a las toneladas que produce anualmente, pues del 2000 al 2001 tuvo un aumento considerable, aunque después volvió a disminuir la producción y nuevamente para el 2003 aumentaron las toneladas producidas.

En la Tabla 3. Se reportan los principales países productores de Chile, el área sembrada en hectáreas, el rendimiento que obtienen en toneladas por hectárea y la producción total de cada país en toneladas.

TABLA 3. Principales países productores de Chile (área sembrada).

PAIS	Área (ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Ton)
China	612,800	20.45	12,531,000
México	140,693	13.17	1,853,610
Turquía	88,000	19.83	1,745,000
Estados Unidos	34,400	28.42	977,760
España	22,500	42.36	953,200
Indonesia	173,817	5.01	871,080
Otros	624,681		6,083,848
Total	1,696,891	14.74	25,015,498

FUENTE: <http://apps.fao.org/faostat> Consultada el 16 Mayo del 2007

Se puede observar en la Tabla 3. A China como el principal País productor de Chile, pues las hectáreas que siembran son 612,800, del cuál obtienen un rendimiento del 20.45 ton/ha y una producción total de 12,531,000 toneladas anuales, México cuenta con un rendimiento del 13.17, del cuál al final solo tiene una producción anual de 1,853,610 toneladas anuales. Indonesia es el país que tiene el menor rendimiento al tener 5.01 ton/ha y obtienen una producción de 871,080 toneladas anuales.

En el gráfico 1. Se reporta la distribución en porcentaje que se tiene en cuanto a la producción mundial de los principales países productores de Chile.

GRÁFICO 1. Distribución de la producción Mundial de chile en 2006.



FUENTE: <http://apps.fao.org/faostat> Consultada el 16 Mayo del 2007

En el Gráfico 1, se observan cuales son los principales países productores de chile a nivel mundial, se puede ver que China cuenta con la mitad de la producción mundial, pues produce 51% de chile anualmente, sin embargo aunque México se encuentra como el segundo país productor de chile a nivel mundial, produce el 7% anualmente, debido a los bajos rendimientos provocados por el mal manejo de los chiles en casi todas las regiones productoras de los mismos.

En la Tabla 4. Se presentan las toneladas producidas de chile en México, siendo el chile seco (ancho) el que sobresale en cuanto a las toneladas producidas durante el 2003, por la gran variedad de aplicaciones que tiene en infinidad de platillos.

TABLA 4. Producción por tipo de chile en México (toneladas).

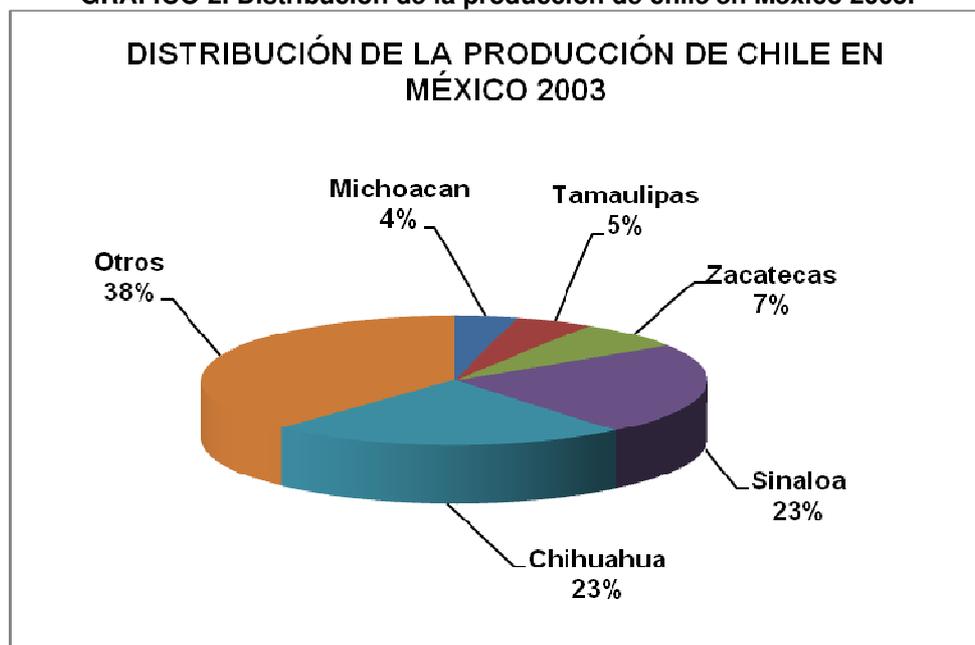
TIPO DE CHILE / AÑO	2000	2001	2002	2003
Chile seco	77,953	78,908	83,054	79,269
Chile seco Ancho	---	---	---	1,995
Chile seco Pasilla	---	---	---	236
Chile verde Guajillo	---	---	18	2,112
Chile verde Piquín	---	---	---	38
Chile verde Jalapeño	157,856	158,883	173,100	229,508
Chile verde manzano	416	415	---	70
Chile verde de Árbol	---	---	251	104

FUENTE: www.slap.sagarpa.gob.mx Consultada el 25de Marzo del 2007

En la Tabla 4, se observa que se producen 229,508 toneladas anualmente de chile verde jalapeño, siguiéndole con 79,269 ton el chile seco, la menor producción la tiene el chile verde piquín, pues solo producen 38 toneladas anuales.

En el Gráfico 2. Están reportados los estados con mayor producción de chile en México. Chihuahua y Sinaloa por lo general tienen buenos rendimientos y productividad, ya que cuentan con buena tecnología, y tienen condiciones ambientales favorables, por otro lado Zacatecas aunque tiene tecnologías tradicionales que provocan bajos rendimientos y productos de mala calidad es uno de los principales estados productores de chile en México.

GRÁFICO 2. Distribución de la producción de chile en México 2003.



FUENTE: www.slap.sagarpa.gob.mx Consultada el 25 de Marzo del 2007

En el Gráfico 2. Se observa que Chihuahua y Sinaloa al tener el 23% de la producción de chile en México, son los Estados con mayor producción tan solo en el año 2003, seguido de Zacatecas, Estado que cuenta con el 7% de la producción, Tamaulipas produce el 5% y Michoacán, que es el Estado que presentó menor porcentaje, al tener el 4% de la producción total.

1.7 PRODUCCIÓN Y PRINCIPALES CHILES CULTIVADOS EN MÉXICO

México tiene la mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum* var *annuum* L. que ha dado origen a gran número de variedades de chiles (serrano, jalapeño, anchos, pasillas guajillos, de árbol, etc.), adaptados a las diferentes condiciones agroecológicas del país, son ampliamente usados tanto en frescos como deshidratados y encurtidos.¹⁸

En la Tabla 5 (pag.22), se observan las 3 regiones principales a nivel nacional donde se concentra la mayor producción de chile, se reportan los principales estados productores y los chiles que se cosechan en cada región. Las características que presentan las variedades de chile que depende básicamente de las condiciones climáticas y tecnológicas que se presentan en cada región.

TABLA 5. Principales regiones y Estados productores de Chile.

REGIÓN	CARACTERÍSTICAS	ESTADOS PRODUCTORES	CHILES
Norte y Noroeste	<ul style="list-style-type: none"> • Cuentan con alta tecnología, por lo general tienen buenos rendimientos y productividad en base a la adopción de tecnología. • Tienen condiciones ambientales más o menos estables y adecuados canales de comercialización. • Esta región está especializada en la producción de chiles frescos para el consumo directo o la industria de proceso.¹⁸ 	<p>Sobresalen los Estados de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chihuahua • Sinaloa • Sonora • Nayarit • Durango • Baja California • Baja California Sur • Sur de Tamaulipas 	<p>Chiles que producen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jalapeños • Bell • Serranos • Cayenne • Anaheim • Güeros • Anchos.
Centro o Bajío	<ul style="list-style-type: none"> • Cuentan con Mediana tecnología. • Comprenden zonas tradicionales de producción de chiles para deshidratar, aún cuando se observa un creciente interés de producir para el mercado de frescos. • Por lo general tienen tecnología de producción y métodos de secado tradicionales, lo que ocasiona que tengan bajos rendimientos y productos de mala calidad.¹⁸ 	<p>Los Estados comprendidos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aguascalientes • Guanajuato • Puebla • San Luis Potosí • Zacatecas • Querétaro 	<p>Chiles que producen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anchos • Mulatos • Pasilla • Puya • Guajillo
Sur y Sureste	<ul style="list-style-type: none"> • Baja tecnología. Se siembra principalmente de secado y humedad residual, lo que origina altos riesgos e inestabilidad de la producción. Han disminuido, en algunos, su área sembrada. • Los rendimientos aún continúan siendo bajos y no compiten en mercados exigentes de productos de calidad. • A pesar de está situación, hay signos visibles de cambio tecnológico. <p>Una situación diferente es el sur de Tamaulipas que tiene buena tecnología, obtiene altos rendimientos de frutos con calidad que compiten favorablemente en el mercado.¹⁸</p>	<p>Los Estados comprendidos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veracruz • Oaxaca • Campeche • Quintana Roo 	<p>Chiles que producen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasilla

FUENTE: CONAPROCH. Consejo Nacional de Productores de Chiles,S.C. Consejo Estatal de Productores de Chiles en Tamaulipas. Inifap. Folleto Técnico Núm. 3, pag. 1-80 (www.conaproch.org consultada el 16 de Mayo del 2007).

La dinámica de siembra y de producción de los principales Estados productores de chiles secos, en un principio se desplazó de Puebla a Guanajuato, de ahí a Aguascalientes y actualmente a Zacatecas y Durango. Zacatecas es actualmente el principal productor con cerca del 60 por ciento del área y volumen nacional producido, le siguen en orden de importancia San Luis Potosí y Durango y aun con marcada presencia en el mercado nacional Guanajuato, Jalisco y Michoacán. Las exportaciones de chile verde representaron una aportación de 424,930,000 de dólares en 2003.

La exportación de chiles deshidratados está limitada por la alta exigencia y severas sanciones con relación a las condiciones de inocuidad y seguridad, tanto en chiles enteros como molidos, ya que frecuentemente presentan residuos de pesticidas, fragmentos de insectos o roedores, debido al uso de sistemas artesanales y tradicionales en el secado y empaçado de los chiles.¹⁸

La producción que se tiene tanto de chile fresco y chile seco en algunos Estados de la República se reportan en la Tabla 6, se muestra la producción de chile fresco y chile seco en los principales Estados productores de chile.

TABLA 6. Principales Estados Productores de Chile.

ESTADO	CHILE VERDE (ha)	CHILE SECO (ha)	TOTAL (ha)
Aguascalientes	783	1,625	2,363
Baja California	1,056	422	1,508
Norte	1,500	-	1,500
Baja California Sur	2,750	-	2,750
Campeche	1,208	-	1,208
Coahuila	2,650	-	2,650
Chiapas	16,434	-	16,434
Chihuahua	3,417	1,631	5,048
Durango	11,460	2,765	14,225
Guanajuato	3,289	33	3,322
Hidalgo	1,440	4,094	5,534
Jalisco	2,865	202	3,067
Michoacán	3,603	2,598	6,201
Nayarit	2,627	1,116	4,743
Oaxaca	2,086	1,629	3,715
Puebla	5,331	-	5,331
Quintana roo	4,081	7,612	11,693
San Luis Potosí	16,298	-	16,298
Sinaloa	4,831	-	4,831
Sonora	2,897	-	2,897
Tamaulipas	2,879	-	2,879
Veracruz	651	160	811
Yucatán	5,853	39,123	44,976
Zacatecas	6,615	1,146	7,761
total	112,063	63,996	176,059

FUENTE: CONAPROCH. Consejo Nacional de Productores de Chiles,S.C. Consejo Estatal de Productores de Chiles en Tamaulipas. Inifap. Folleto Técnico Núm. 3, pag. 1-80 (www.conaproch.org consultada el 16 de Mayo del 2007).

En la Tabla 6, se muestra la producción en cada Estado de la República, donde se reportan las hectáreas totales que se producen de cada variedad de chile en estado fresco y una vez que se encuentran deshidratados, no todos los Estados son productores de chile seco. El Estado de Durango es uno de los que más producen, en total son 14,225 hectáreas de chile, Chiapas tiene una producción de 16,434 hectáreas siendo solo producción de chile fresco. Veracruz el Estado que cuenta con la menor producción total, al tener 811 toneladas totales tanto de chile verde como chile deshidratado.

1.8 CLASIFICACIÓN Y DESIGNACIÓN DEL CHILE EN BASE A LA NMX-FF-107/1-SCFI-2006

El chile seco entero, del género *Capsicum* de los tipos guajillo (mirasol), ancho, pasilla y piquín se clasifican en 4 grados de calidad, en base a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006. En la Tabla 7, se especifica la clasificación y las características que debe cumplir cada variedad, para poder clasificarse de acuerdo a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006. Productos alimenticios – chiles secos enteros (guajillo, ancho, mulato, de árbol, puya y pasilla) – parte 1 – Especificaciones y métodos de prueba.⁵³

TABLA 7. Clasificación de los chiles en base a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Extra	Los chiles clasificados como Extra deben estar prácticamente libres de cualquier defecto.
Primera	Los chiles clasificados en Primea pueden presentar como máximo un defecto menor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad.
Segunda	Los chiles de segunda puede presentar como máximo un defecto mayor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad
Tercera ó fuera de clasificación	Los chiles de tercera son aquellos que presentan más de un defecto mayor y son considerados de uso industrial.

FUENTE: NMX-FF-107/1-SCFI-2006. Productos alimenticios—chiles secos enteros (Guajillo, Ancho, Mulato, de Árbol, Puya y Pasilla) parte 1—Especificaciones y métodos de prueba. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento Industrial. México, D.F, pag. 7,8

En la Tabla 7, se especifican los defectos mínimos y máximos que deben presentar los chiles para poder ser clasificados de acuerdo a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.

La Tabla 8, maneja las especificaciones y tolerancias en cuanto a dimensiones y pesos que deben cumplir los chiles para clasificarse en base a normatividad, cabe mencionar que el chile piquín es el único al que no aplica la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, por las características macroscópicas del mismo.

TABLA 8. Clasificación de tamaño por tipo de chile seco.

CHILE	TAMAÑO	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	PESO (g)
Guajillo	Extra	> 14	>3	>9
	Primera	10-14	2.5-3.0	5-9
	Segunda	<10	<2.5	<5
Ancho	Extra	>10	>6	>22
	Primera	7-10	5-6	20-22
	Segunda	7-10	<5	<20
Pasilla	Extra	>20	>3	>7.5
	Primera	14-20	2.5-3.0	7.0-7.5
	segunda	<14	>2.5	<7.0

FUENTE: NMX-FF-107/1- SCFI-2006. Productos alimenticios–chiles secos enteros (Guajillo, Ancho, Mulato, de Árbol, Puya y Pasilla)–parte 1–Especificaciones y métodos de prueba. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento Industrial. México, D.F, pág. 9

Los parámetros que se deben tomar en cuenta para la clasificación que se realiza a las diferentes variedades de chile seco se reportan en la Tabla 8, donde se encuentran establecidos parámetros de longitud, ancho y peso que los chiles deben cumplir para clasificarse dentro de los grados de calidad (extra, primera, segunda y tercera), establecidos en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.

• Especificaciones sensoriales

Los chiles secos por lo general deben cumplir con las siguientes especificaciones de acuerdo a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.

- Forma y color característicos.
- Sabor (pungencia ó picor) característico de acuerdo a cada variedad.
- Olor característico.
- Estar bien desarrollados, enteros, sanos, limpios, de consistencia firme y textura brillante. Provenir de frutos cosechados en el grado de madurez óptimo.
- Sin humedad exterior anormal.
- Libres de pudrición o descomposición.
- Libres de defectos de origen mecánico, entomológico, microbiológico, meteorológico y genético-fisiológico.
- Libres de insectos, hongos y fragmentos de insectos así como de contaminantes de roedores.
- Libres de materia extraña.

1.9 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL CHILE

Algunos frutos de diferentes tipos de chile presentan lesiones de color café a negro o áreas decoloradas y de consistencia blanda, daños que se observan a partir del maltrato mecánico, como el ocasionado por insectos, o en el área donde el fruto entraba en contacto con el suelo.³⁴



Durante el almacenamiento de los chiles la disminución del color está relacionada con la oxidación de las grasas, pues se sabe que el chile es rico en ácidos grasos insaturados. Por lo que el nivel de humedad, la exposición al aire, luz y la alta temperatura, son factores críticos en la retención de color.³⁰

La cosecha consiste básicamente en separar la porción vegetal de interés comercial del resto de la planta, la cuál es el objetivo final del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado. Se sabe que durante la cosecha del chile seco no se lleva ningún control físico-sanitario y los frutos están expuestos a cualquier contaminación, lo que es una gran limitante para cumplir con las Buenas Prácticas de Manejo de poscosecha de vegetales, en tales circunstancias de poco control de calidad del fruto del chile seco el precio de venta es bajo y por tanto existen pocas posibilidades de exportar para obtener un mejor precio de venta y mayores ganancias.³⁴

1.10 INDUSTRIALIZACIÓN DEL CHILE

La conservación de los alimentos por deshidratación es uno de los métodos más antiguos, el cuál tuvo su origen en los campos de cultivo cuando se dejaban deshidratar de forma natural las cosechas de cereales, heno, y otros antes de su recolección o mientras permanecían en las cercanías de la zona de cultivo. Este método de secado proporciona estabilidad microbiológica, debido a la reducción de la actividad del agua. Lo que se pretende con la deshidratación es dar un color óptimo y un alto nivel de picor en los chiles al final del proceso de deshidratación.^{18,41}

La calidad microbiológica de los productos deshidratados depende fundamentalmente de la contaminación inicial proveniente del producto fresco, del método de deshidratación y de las condiciones operativas empleadas, así como de tratamientos especiales efectuados en el producto antes y después del secado.

El chile para secado (tanto en planta como deshidratado) es la opción agrícola que ofrece mayores ingresos y es la principal fuente de empleo en el medio rural. El 50% de los chiles de primera y segunda calidad que son cosechados, se utilizan en la elaboración de moles y el 50% restante se consumen directamente; los de tercera calidad o pintos se destinan a la industria de colorantes y de salsas.⁸

Secado en planta

Las plantas deshidratadoras generalmente “maquilan” el secado del producto por calor artificial, pesando a la entrada el volumen de chile en estado fresco o verde. El chile se coloca en charolas de malla para ser introducidos a los túneles de secado, que cuentan con dos entradas y dos salidas. Los túneles trabajan con un sistema de aire forzado caliente utilizando gas o diesel como combustible. El secado se realiza a temperaturas entre los 60 y 80 °C, con un tiempo de 30 a 40 horas para lograr la extracción de agua del chile.³⁴



El secado por aire caliente orientado en túneles o cabinas donde se coloca el producto, es el más eficiente y recomendado, ya que los equipos pueden controlar el proceso de secado a través de la temperatura, la velocidad del aire y la disposición del alimento a secar.^{18,34}

Secado por sol

El secado al sol es un medio más barato y accesible para preservar alimentos en los países en desarrollo, pero ocurren pérdidas considerables de carotenos precursores de vitamina A. Los secados al sol logran un color más intenso que aquellos deshidratados industrialmente. Varios factores afectan la pigmentación final durante el proceso de secado por sol en el Chile:

El tipo y calidad de Chile que es utilizado en el proceso.

El ambiente y la cantidad de sol al que estuvo expuesto.

El proceso de deshidratación.

Secado por paseras

El secado por paseras se realiza con calor del sol, el proceso consiste en cosechar los frutos cuando estos han madurado completamente a rojo (los mulatos y pasillas se tornan a un color marrón, posteriormente los frutos son trasladados a las paseras que son camas o pequeñas terrazas con un ligero declive para evitar encharcamiento en caso de lluvia, el declive debe estar orientado hacia la mayor exposición de los rayos del sol, sobre las camas se extiende una capa de paja de frijol, de cereales o hierba seca, la cuál permite el paso del aire y el agua de lluvia, evitando que los frutos se pudran, posteriormente se extiende una capa de Chile, los cuales son volteados diariamente para que el secado sea uniforme y evitar daños por quemaduras del sol. Estos frutos son de mayor calidad y tienen mejor precio.^{34,58}

Secado por paseras modificadas

Los frutos colocados en las paseras son cubiertos con una tira de plástico o polietileno transparente y se colocan piedras o bloques en las orillas del polietileno a un metro de distancia, esta operación permite la circulación del aire por debajo del plástico, disminuyendo la humedad contenida en los frutos. Con este método los frutos se voltean con menos frecuencia que en el secado en paseras comunes, se exponen dos veces por cada cara en los 8 o 10 días que dura el proceso. Este método ahorra por lo menos la mitad del tiempo y más de la mitad de mano de obra con respecto al secado por paseras, evita la pudrición de frutos ocasionada por el agua de lluvia, a los frutos secados con este método se les atribuye mejor calidad de sabor y color, por lo que los compradores pagan un sobreprecio del 5 al 10%.^{34,58}



1.11 PRINCIPALES USOS DEL CHILE SECO

México destaca a nivel mundial por tener la mayor variedad genética de *Capsicum annuum*, que ha dado origen a un gran número de variedades o tipos de chiles, entre los que destacan el serrano, jalapeño, ancho, pasilla, guajillo y de árbol. El chile tiene un papel importante en la alimentación, ya que proporciona vitaminas, minerales y pigmentos importantes como los carotenoides.

A nivel industrial el uso más importante de los chiles rojos secos es en la elaboración de moles y productos sazonadores a base de chile. El chile está presente en casi todos los platillos de la gastronomía mexicana.⁴²

Utilizado principalmente para:

- Elaboración de todo tipo de salsas, usado en encurtidos por ser medianamente picante.
- Extracción de pigmentos rojos que se emplean para colorar embutidos como: chorizo y salami.
- Elaboración de botanas (frituras cubiertas con chile en polvo).
- Para hacer moles, que pueden ser dulces, picosos, negros, con ajonjolí, verdes, etc.
- Para sazonar todo tipo de alimentos.
- Se aplica en polvo para dar sabor a frutas y verduras como naranja, piña, jícama, pepino, zanahorias, elotes, nieves de limón, jícama, etc.
- Aplicación en la industria de dulces.



CAPITULO II

ANTECEDENTES DE LOS HONGOS



CAPITULO II. ANTECEDENTES DE LOS HONGOS

2.1 GENERALIDADES DE LOS HONGOS

Los hongos son un grupo de organismos, eucariotes que poseen núcleos organizados, cuya membrana nuclear esta bien definida, sus propiedades biológicas se extienden hacia todos los campos, los hay altamente infecciosos o venenosos, tanto para el hombre como para los animales. Por el contrario constituyen la base de gran cantidad de procesos industriales de fermentación, tales como: elaboración del pan, vino, cerveza y preparación de algunos quesos, tienen gran importancia en la producción comercial de ácidos orgánicos y son responsables de la elaboración de sustancias antimicrobianas o antifúngicas, enzimas, antibióticos, entre otras.^{39,61,84}

La forma más común de reproducción asexual que presentan los hongos es por medio de esporas. Las esporas varían de color desde hialinas (incoloras) a verdes, amarillas, anaranjadas, rojas, castañas y hasta negras, en tamaños hay de pequeñas a grandes y en formas desde globosas hasta ovals, oblongas, aciculares hasta helicoidales.⁶¹

En la Tabla 9, se resumen las principales condiciones de crecimiento óptimas que existen para cada especie, la mayoría de los hongos microscópicos (moho), crecen entre 0 y 55 °C, teniendo un rango de temperatura entre 20 y 30 °C, los hongos oportunistas y patógenos pueden crecer entre 35 y 40 °C, siendo acidófilos por el pH óptimo de 5.6.^{39,84}

TABLA 9. Condiciones óptimas de crecimiento para algunas especies de hongos.

HONGOS	TEMPERATURA °C	pH ÓPTIMO
Mayoría de los hongos	0 - 55 °C	5.6
Patógenos	35 - 40 °C	5.6
Hongos oportunistas	35 - 40°C	5.6

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

La mayoría de los hongos microscópicos y macroscópicos, están formados por estructuras filamentosas, a su unidad funcional se le denomina hifa o filamento y al conjunto de ellas micelo o talo, de acuerdo al momento de desarrollo y contaminación de los hongos han sido clasificados en tres grupos:^{14,50}

2.2.1 HONGOS DE CAMPO

Los daños que causan los hongos de campo dependen de la severidad del ataque y del hongo que se trate, si el ataque es muy severo puede prácticamente destruir el grano o la cosecha; si el ataque no es severo el hongo permanece en la semilla sin afectarla aparentemente.

Muchos hongos son transmitidos de un ciclo agrícola a otro, normalmente requieren humedades relativas mayores al 95%, son agentes causantes de enfermedades e invaden los granos de las plantas antes de la recolección. Clasificación taxonómica de los hongos de campo (Tabla 10).^{14,50,63,70,74}

TABLA 10. Clasificación taxonómica de los hongos de campo.

Hongo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
<i>Fusarium</i>	<i>Mitospórico</i>	<i>Micelia sterilia</i>	<i>Tuberculariaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium moniliforme</i>
<i>Alternaria</i>		<i>Moniliales</i>	<i>Dematiaceae</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria solani</i>
<i>Cladosporium</i>				<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium fulvum</i>
<i>Helminthosporium</i>				<i>Helminthosporium</i>	<i>Helminthosporium oryzae</i>

FUENTE: www.bayercropscience.com (Consultada el 16 de Febrero 2009)

Dentro de los hongos de campo se encuentran los siguientes:

♥ *Fusarium*

El género *Fusarium* presenta una amplia distribución, tanto en suelos como en sustratos orgánicos, presenta especies fitopatógenas, que causan graves enfermedades principalmente en los cereales (trigo y maíz), aunque puede afectar a otros vegetales y frutas, su importancia se debe a la producción de micotoxinas que pueden estar presentes en los cereales y sus productos contaminados por este hongo, llegando a afectar a los humanos.^{1,2,39,63}

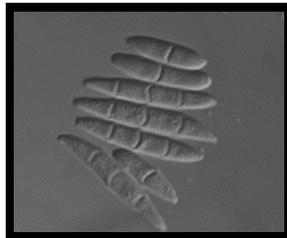


IMAGEN 1. Morfología microscópica del *Fusarium*
FUENTE: www.doctorfungus.org/thefungi/img/fusarium.gif

Las especies de *Fusarium*, se caracterizan por formar esporas grandes, (macronidios) y pequeños (microconidios), en forma de media luna en racimos o libres, lo que las distingue de otras. Las colonias del *Fusarium* son de color blanco, posteriormente toma tonalidades naranja o violeta-lila, tiene una forma vellosa-seca. Es macrosifonado de (1-2 μ m) septado y hialino, con microconidias fusiformes de 5-8 μ m de largo por 1-2 μ m de ancho y microconidias fusiformes de 1-3 μ m de largo por 1 μ m de ancho, presenta conidióforos delgados que miden 5-10 μ m de largo, como se observa en la Imagen 1.^{6,70}

♥ *Alternaria*

Las especies de este género son muy comunes en cereales, este hongo presenta una forma plana, aterciopelada, seca y en ocasiones lo cubre un velo velloso blanco. Es una especie con micelo macrosifonado de 2-4 μ m de diámetro, septado y con dictiosporas que miden 10-20 μ m de largo por 5-8 μ m de ancho, dispuestas en cadenas, como puede observarse en la Imagen 2.^{6,70,74}

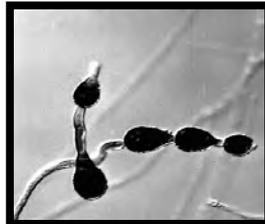


IMAGEN 2. Morfología microscópica de la *Alternaria*
FUENTE: www.doctorfungus.org/thefungi/img/alte1_1.gif

♥ *Cladosporium*

El *Cladosporium* (Imagen 3), presenta un color verde oscuro, las colonias de esta especie son planas, secas, aterciopeladas con micelo macrosifonado de aproximadamente 2-4 μ m de diámetro, septado y obscuro (café verdoso), el tipo de estructuras son conidióforos cortos.^{6,74}

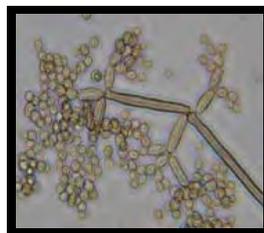


IMAGEN 3. Morfología microscópica del *cladosporium*
FUENTE: www.ecotechus.com/images/Cladosporium.jpg

♥ *Helminthosporium*

Es responsable de diversas enfermedades en los cereales de grano pequeño en su desarrollo. En trigo es el causante de la punta negra en el grano y la mancha amarilla en la hoja. Las especies desarrollan colonias de color negro con ciertas tonalidades de café oscuro. Presentan forma plana, velloso seca, ligeramente aterciopelada y en ocasiones se cubre con un velo velloso blanco, presentan micelo macrosifonado (2-4 μ m) tabicado y obscuro, la reproducción se da por macroconidias alargadas, con ambos extremos romos que miden de 15-20 μ m de largo por 3-5 μ m de ancho, el tipo de estructura que presentan son conidióforos cortos que originan conidios individuales, alargados y con septos transversales de color marrón, como se muestra en la Imagen 4.^{6,70,74}

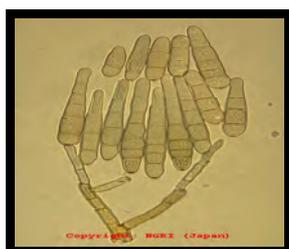


IMAGEN 4. Morfología microscópica del *Helminthosporium*
 FUENTE: www.draf.bretagne.agriculture.gouv.fr

2.2.2 HONGOS DE ALMACÉN

Se desarrollan principalmente bajo condiciones de elevada humedad relativa después de la cosecha, durante el transporte, el secado lento, el almacenamiento, y procesamiento de los productos, pueden crecer en humedades relativas de 65 a 90% y provocan reducciones en el poder germinativo de semillas almacenadas, ennegrecimiento del grano (maíz, trigo, cebada). Clasificación taxonómica de los hongos de almacén (Tabla 11).^{6,14,50,70}

TABLA 11. Clasificación taxonómica de los hongos de almacén.

Hongo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
<i>Aspergillus glaucus</i>	Eurotiomycetes	Eurotiales	Trichocomaceae	Aspergillus	<i>Aspergillus glaucus</i>
<i>Aspergillus flavus</i>					<i>Aspergillus flavus</i>
<i>Aspergillus versicolor</i>					<i>Aspergillus versicolor</i>
<i>Penicillium</i>				Penicillium	<i>Penicillium chrysogenum</i>

FUENTE: www.bayercropscience.com (Consultada el 16 de Febrero 2009)

Entre los hongos de almacén más importantes están:

♦ *Aspergillus glaucus*

La superficie de la colonia tiene apariencia de fieltro, de color verde con áreas amarillas, ocasionalmente de color café. Sus conidióforos son de longitud variable, pared lisa, poseen cabezas conidiales uniseriadas, con fialides dispuestas radialmente, es de los hongos llamados xerófilos (por que crecen en sustratos con baja actividad de agua), también conocidos como hongos de almacén, por que se encuentran en granos, semillas y otros productos agrícolas almacenados, pudiendo causar un biodeterioro considerable. La morfología microscópica del *A. glaucus* se observa en la Imagen 5.^{11,46,49}

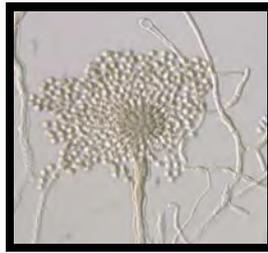


IMAGEN 5. Morfología microscópica del *A. glaucus*
FUENTE: www.doctorfungus.org/imageban/images/Dsutton_05feb/A_glaucus_2.jpg

◆ *Aspergillus flavus*

La presencia de este hongo es indicativo de la posibilidad de presencia de aflatoxinas, más no es determinante, para confirmar la presencia de estas en el producto es necesario llevar a cabo un análisis. Las colonias de las especies son aterciopeladas de color amarillo a verde, olivo o pardo, en el reverso dorado a pardo rojizo. La estructura del hongo está conformada por conidióforos de longitud variable, con la pared áspera provista de pequeñas espinitas o espículas, las fialides pueden nacer directamente sobre la vesícula (cabezuelas uniseriadas) o sobre métulas que están sobre la vesícula (cabezuelas biseriadas), cubriendo esta completamente en forma radial; los conidios tienen la pared ligeramente áspera. Al microscopio se observa micelo macrosifonado, tabicado (2-4 μ m), como se observa en la Imagen 6.^{2,3,6,11,46,49}



IMAGEN 6. Morfología microscópica del *A. flavus*
FUENTE: www.doctorfungus.org/imageban/images/Dsutton_05feb/A_flavus_1.jpg

◆ *Aspergillus versicolor*

Requiere de una humedad relativa de 80-85% para poderse desarrollar, presenta cabezuelas de color verde-azul y conforme se desarrolla el hongo, éstas se incrementan quedando en el centro las más viejas (color verde oscuro a gris); de ahí su nombre específico. Los conidios son muy pequeños (22.5 μ m de diámetro), las vesículas son generalmente elipsoidales (Imagen 7). La toxicidad oral es baja, debido a que los jugos gástricos no permiten su solubilidad total.^{6,39,70}

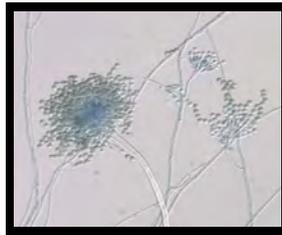


IMAGEN 7. Morfología microscópica del *A. versicolor*
FUENTE: www.doctorfungus.org/imageban/images/Dsutton_05feb/A_versicolor_2.jpg

• *Penicillium*

El *Penicillium* es el denominado moho verde o moho azul, sus especies son consideradas contaminantes habituales de diferentes substratos y presentan la capacidad de producir diversas micotoxinas, estas especies forman colonias que crecen generalmente de manera rápida, están formadas por densas agrupaciones de conidióforos y la mayoría presentan coloraciones verdosas con un halo blanquecino en la periferia. La textura de la colonia es velutina o aterciopelada, lanosa, funiculosa, fasciculada o sinematosa) y depende de la disposición de los conidióforos.

La estructura de reproducción asexual característica del *Penicillium* es por microconidias redondas que miden entre 1-3 μ m, sus estructuras presentan conidióforos de 5-10 μ m de largo y esterigmas, que dependiendo de la especie fluctúan entre 3-6, como se observa en la estructura macroscópica del *Penicillium* (Imagen 8).^{1,2,3,6,39,63,70,74}



IMAGEN 8. Morfología microscópica del *Penicillium*
FUENTE: www.doctorfungus.org/thefungi/img/pen1_1.jpg

2.2.3 HONGOS DE DETERIORO AVANZADO

Estos hongos requieren altos contenidos de humedad para su desarrollo y en la naturaleza se les encuentra colonizando materia orgánica en proceso de descomposición. Los hongos de deterioro avanzado proliferan en humedades relativas superiores al 90%, y prácticamente destruyen a los productos que invaden. Clasificación taxonómica de los hongos de deterioro avanzado (Tabla 12).^{49,63}

TABLA 12. Clasificación taxonómica de los hongos de deterioro avanzado.

Hongo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Eurotiomycetes</i>	<i>Eurotiales</i>	<i>Trichocomaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus niger</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>					<i>Aspergillus fumigatus</i>
<i>Rhizopus</i>	<i>Zygomycetes</i>	<i>Mucorales</i>	<i>Mucoraceae</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Rhizopus mucor</i>

FUENTE: www.bayercropscience.com (Consultada el 16 de Febrero 2009)

Dentro de este grupo se encuentran:

◆ *Aspergillus niger*

Son hongos que ordinariamente son llamados mohos negros. Crecen en los medios de cultivo ordinarios como Agar Sabouraud (SDA) y Agar Papa dextrosa (SGA) a 28°C , su colonia es lanosa, al principio blanca, que se torna amarilla y se va oscureciendo desde color café hasta llegar a negro, su reverso es blanquecino o amarillento. Las colonias se desarrollan rápidamente con formas planas, grandosas, negras y limitadas. Al microscopio se observan hifas tabicadas de 2-4 µm de diámetro, e hifas cenocíticas más anchas de 4-8µm, éstas terminan con las clásicas cabezas aspergilaes que miden en total de 80-100µm de diámetro, compuesta por conidióforos largos (100-200µm), vesícula redonda (10-25µm), conidiales biseriadas, las métulas y fiálides cubren radialmente la vesícula y los conidios tienen la pared áspera a equinulada (Imagen 9).^{2,3,6,11,46,70}

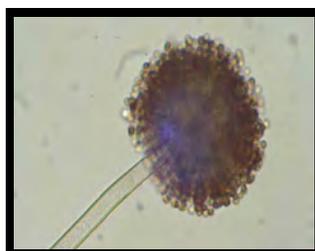


IMAGEN 9. Morfología microscópica del *A. niger*

FUENTE: www.doctorfungus.org/imageban/images/Dsutton_05feb/A_niger_1.jpg

◆ *Aspergillus fumigatus*

Para crecer el *Aspergillus fumigatus* requiere prácticamente agua libre, condición que solo se encuentra en productos en avanzado estado de deterioro. Crece fácilmente en un medio con alto contenido de sal o sacarosa.

Cuando se aísla en SDA o SGA, se observa el crecimiento de las colonias de 3-5 días en forma plana, al principio blancas y ligeramente vellosas o aterciopeladas, de color verde con un halo micelial blanco alrededor, al reverso raras veces se ve un pigmento ocre, el micelo es macrosifonado (2-4µm) tabicado y hialino. La cabeza aspergilar mide 20-50µm, está compuesta por conidióforos cortos (20-30µm), vesícula semiredonda (Imagen 10).^{2,3,6,11,70}



IMAGEN 10. Morfología microscópica del *A. fumigatus*
FUENTE: www.doctorfungus.org/imageban/images/Dsutton_05feb/A_fumigatus_1.jpg

◆ *Rhizopus spp.*

Este hongo está ampliamente distribuido y se encuentra exclusivamente en el suelo. Crece rápidamente en medios de cultivo, enmascarando el desarrollo de otros hongos de crecimiento más lento. Sus esporas están contenidas en esporangios globosos, los cuales presentan rizoides en la base y son ramificados. El micelio es algodonoso de crecimiento rápido, cuyo color al principio es blanco y posteriormente se va tornando gris o café-amarillento, al reverso de la colonia es blanco-grisáceo. Presenta micelio macrosifonado de aproximadamente 5-10 μ m de diámetro, cenocítico (sin septos) y hialino, su reproducción es a base de esporangiosporas o endosporas redondas que miden 6-8 μ m de diámetro, en su estructura presenta esporangióforos largos, que nunca se ramifican. Tienen una columna pequeña de forma ovoide. El esporangio llega a medir de 100 a 200 μ m de diámetro (Imagen 11).^{2,6,11,46,70}



IMAGEN 11. Morfología microscópica del *Rhizopus*
FUENTE: www.themolddetective.com/rhizopus.jpg

La principal diferencia entre los tres grupos son los requerimientos de actividad acuosa que requieren para crecer y los diversos daños que causan.⁷⁰

El estudio de los hongos ha tenido como resultado el descubrimiento de nuevas variedades y especies. *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* y *Aspergillus fumigatus*, son los principales patógenos en animales y humanos, siendo los responsables de causar un sin fin de enfermedades como la aspergilosis.³²



CAPITULO III

MICOTOXINAS

CAPITULO III. MICOTOXINAS

3.1 GENERALIDADES DE LAS MICOTOXINAS

La palabra micotoxina se deriva de las palabras griegas *mikes* y *toxina*, que significan hongo y veneno respectivamente, son aquellos metabolitos secundarios de origen fúngico que al interactuar con las células alteran su desarrollo normal. Pueden contaminar diversos sustratos, incluyendo alimentos, originando un grupo de enfermedades y trastornos, que resultan tóxicos para el hombre y los animales.

Se han reportado que al menos 14 de ellas son carcinogénicas y la mayoría son resistentes al calor y de masa molecular relativamente baja.^{7,35,49,60,62,63,64}

Fundamentalmente son producidas por especies pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*, que son los que agrupan el mayor número de especies productoras, muchas de estas especies infectan los cultivos y producen las micotoxinas en diferentes productos vegetales antes de su recolección.^{60,62,63,66}

En la Tabla 13. Se detallan los principales géneros de hongos productores de micotoxinas ordenados según el número aproximado de especies micotoxígenas que incluyen.⁶³

TABLA 13. Principales géneros productores de micotoxinas y especies micotoxígenas.

Género	Especies micotoxígenas
<i>Penicillium</i>	32
<i>Aspergillus</i>	15
<i>Fusarium</i>	12
<i>Byssochlamys</i>	2
<i>Stachybotrys</i>	2
<i>Trichoderma</i>	2
<i>Alternaria</i>	1
<i>Chaetomium</i>	1
<i>Paecilomyces</i>	1
<i>Rhizopus</i>	1

FUENTE: Soriano, C. J.M. 2007. Micotoxinas en Alimentos. Primera Edición. Ed Díaz de Santos. España, pag 30

Las micotoxinas atrajeron la atención de los científicos del mundo occidental a principios de los años 60 durante el brote de la enfermedad X de los pavos en Inglaterra, que acabó con alrededor de 1000.000 pavos y otros animales de granja, la causa de esta enfermedad se atribuyó al harina de cacahuete o maní brasileño infectado con una especie fúngica: *Aspergillus flavus*.^{31,59,68,72}

Las especies del género *Aspergillus* son mayoritariamente ubicuas, aislándose de diferentes sustratos, aunque con mayor frecuencia de climas cálidos.⁶²

3.2 ESPECIES PRODUCTORAS DE MICOTOXINAS.

Los hongos productores de micotoxinas están ampliamente difundidos en el medio ambiente y son contaminantes frecuentes de alimentos, especialmente de origen vegetal, organismos que son capaces de crecer sobre una gran variedad de sustratos bajo diversas condiciones ambientales, los principales géneros de hongos que se encuentran asociados con la producción de micotoxinas incluyen especies como: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps*, *Alternaria*, entre otros.^{1,21,49,60,62,72}

En la Tabla 14, se presentan las diferentes especies de hongos y las principales micotoxinas producidas por los mismos: aflatoxinas, ocratoxinas, tricotecenos, zearelenona, fumonisina y alcaloides ergóticos, son algunas de las más importantes.²¹

TABLA 14. Principales especies productoras de micotoxinas.

Especie de moho	Micotoxinas producidas
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxinas B ₁ , B ₂ , G ₁ y G ₂
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas B ₁ y B ₂
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Toxina T-2
<i>Fusarium graminearum</i>	Desoxinivalenol (o nivalenol) Zearalenona
<i>Fusarium moniliforme (F. verticillioides)</i>	Fumonisina B ₁
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ocratoxina A
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ocratoxina A

FUENTE: FAO, 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. 73 Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ISSN-1014-2914, Roma, Italia, pag. 160. (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao>)

Como se muestra en la Tabla 14. Son muchas las especies de hongos que pueden producir toxinas en alimentos ya sea durante su cultivo, cosecha, almacenamiento y transporte, el crecimiento de los hongos se ve afectado por la temperatura de almacenamiento, humedad relativa de la atmósfera y la composición del sustrato, ya que son factores importantes que favorecen el crecimiento de los hongo y la producción de micotoxinas.

Los hongos productores de micotoxinas pueden crecer de forma general en rangos entre -3 y 40°C, a pH entre 2.0-10.0 y por encima de 0.77 -0.99 de actividad de agua (aw), cada género presenta condiciones particulares como se observa en la Tabla 15.^{21,33}

TABLA 15. Condiciones de producción de micotoxinas por diferentes hongos.

Especie	Temperatura °C		pH		Actividad de agua (aw)	
	Rango	Producción de la toxina	Rango	Producción de la toxina	Rango	Producción de la toxina
<i>Aspergillus spp</i>	12-40	27-33	2.2-8.0	5-6	0.77-0.88	0.82-.99
<i>Fusarium spp</i>	0-31	22-28	2.0-6.0	3-4	0.85-0.97	0.85-0.87
<i>Penicillium spp</i>	-3-40	15-30	2.1-10.0	5-7	0.80-0.95	0.80-0.86

FUENTE: Denli y Pérez.2006. Contaminación por micotoxinas en los piensos: efectos, tratamiento y prevención. Departamento de ciencia animal. Barcelona, pag. 3

En la Tabla 15, se observan las condiciones a las que se desarrollan las principales especies productoras de micotoxinas, el rango y la producción de toxina que presentan los hongos productores de micotoxinas.

3.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE MICOTOXINAS

Los sustratos naturales difieren en su capacidad para estimular la biosíntesis de micotoxinas. La producción de aflatoxinas es mayor en maíz, arroz o semillas de algodón que en sorgo y soja.

Los factores ambientales que influyen sobre el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas se encuentran la temperatura, el pH y la actividad de agua (a_w). Los hongos productores de micotoxinas tienen diferentes requerimientos en lo que respecta a la temperatura óptima y temperaturas de crecimiento.^{44,60,62,63}

En la Figura 2. Se observan los factores más importantes que afectan el crecimiento fúngico y la producción de micotoxinas como la Temperatura, la humedad y los daños que presentan los productos por daño de insectos.

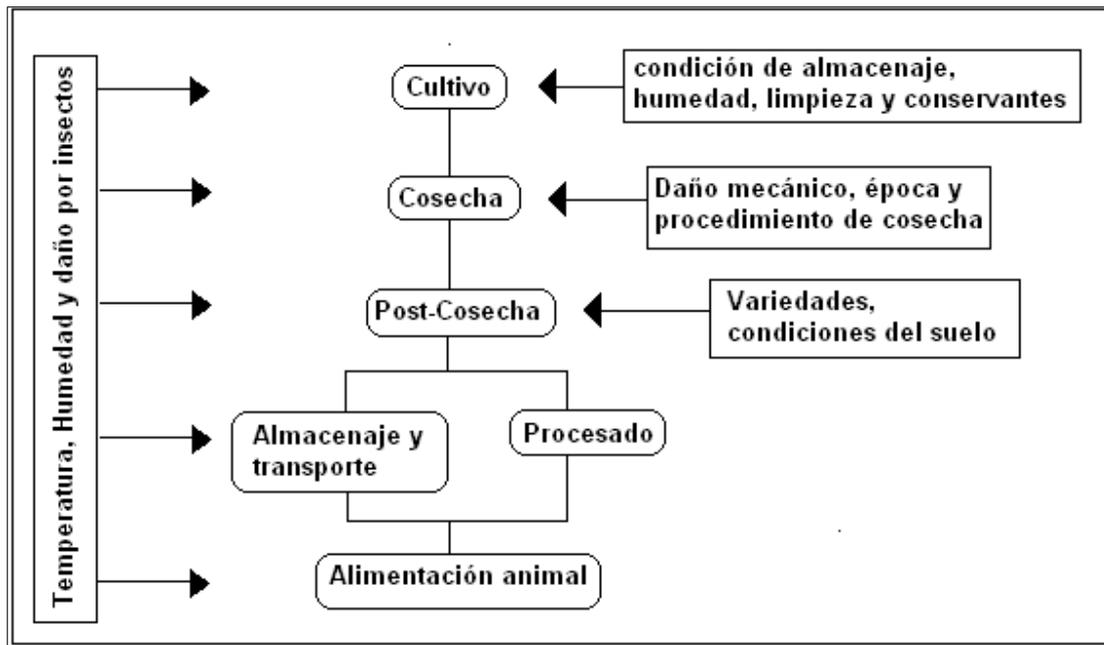


FIGURA 2. Factores que afectan el crecimiento fúngico y la producción de micotoxinas
FUENTE: Denli.M. y P.F.J.2006. Contaminación por micotoxinas en los piensos: Efectos, tratamiento y prevención. Facultad de Veterinaria. Barcelona, España, pag 4

Los factores intrínsecos, extrínsecos e implícitos pueden ejercer presión sobre el desarrollo de los mohos toxigénicos y acumulación de micotoxinas, dentro de estos, los más importantes son los cereales y oleaginosas, ya que son los más susceptibles a la contaminación por micotoxinas, tal como ya se resumió en la Tabla 15 (pag. 41).^{62,63}

3.4 EFECTOS DE LA INTOXICACIÓN POR MICOTOXINAS

Las micotoxinas se encuentran en diversos alimentos, piensos y se han relacionado con diversas enfermedades en animales y personas, la exposición a micotoxinas puede producir toxicidad tanto aguda como crónica con resultados que van desde la muerte a efectos nocivos en los sistemas nervioso central, cardiovascular y respiratorio y en el aparato digestivo, pueden también ser agentes cancerígenos, mutágenos, teratógenos e inmunodepresores.

La respuesta de la exposición a estas toxinas depende de la especie, el sexo, la edad, el estado nutricional, así como de otros componentes presentes en el alimento, los efectos tóxicos son muy variados, depende básicamente de la estructura química de cada aflatoxina, cada toxina afecta primeramente al órgano blanco, o "target" en inglés.^{62,63,69}

Los síntomas de la intoxicación aguda por micotoxinas tienen lugar cuando se ingieren grandes cantidades de aflatoxinas, las cuales son absorbidas en el intestino delgado, llegando hasta el hígado, la presencia de las aflatoxinas en el hígado da lugar a una infiltración de lípidos que originará necrosis y/o muerte hepática. En el hígado las enzimas oxidadas las biotransforman en una serie de metabolitos.

Dentro de las micotoxinas, las aflatoxinas son consideradas como el carcinógeno más potente producido en la naturaleza, estos tóxicos son considerados mutagénicos, teratogénicos y hepatotóxicos para muchas especies vivas incluyendo los humanos. En la Tabla 16, se reportan las principales micotoxinas y los efectos tóxicos de cada una de ellas.

TABLA 16. Principales micotoxinas y sus efectos tóxicos.

MICOTOXINA	BLANCO PRINCIPAL	BLANCO SECUNDARIO
Aflatoxina	Hígado	Riñón. Sistema inmunológico
Ocratoxina A	Riñón	Hígado. Sistema inmunológico
Citrinina	Riñón	
Zearalenona	Tracto urogenital	Glándula mamarias

FUENTE: Silvestre, A. A, 1998, *Toxicología de los Alimentos*, Ed Hemisferio Sur, Segunda Edición, Buenos Aires Argentina, pag.166

Como se observa en la Tabla 16. El hígado es el principal órgano dañado por el consumo de las aflatoxinas, seguido del riñón, sin olvidar que las micotoxinas presentan efectos tóxicos dentro del sistema inmunológico.

3.5 CONTROL Y DETOXIFICACIÓN DE LAS MICOTOXINAS

Puesto que las micotoxinas son por definición el resultado del desarrollo de hongos en los alimentos para el hombre o animales, la forma más aparente y obvia de impedir que se produzcan es limitar el crecimiento de los hongos durante la producción de la cosecha o durante el almacenamiento, la producción de micotoxinas puede ser detenida impidiendo el crecimiento del hongo antes de la cosecha, puede ser reducida alterando las condiciones ambientales, particularmente niveles de humedad y temperatura durante el almacenamiento, el secado rápido de granos almacenados es una forma de impedir el crecimiento de hongos.^{26,69,72}

La manera más conveniente de evitar los problemas ocasionados por aflatoxinas es evitar el desarrollo del hongo en productos alimenticios, propiciando condiciones desfavorables para su crecimiento, en el caso de los productos almacenados, se deben controlar factores ambientales, reduciendo el contenido de humedad, la humedad relativa, la temperatura y las proporciones de oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono, a niveles inferiores a los requeridos por el hongo.^{9,26}

Algunas de las estrategias agronómicas y posteriores a la cosecha más importantes que se conocen y se aplican para prevenir el desarrollo de los hongos se muestran en la Tabla 17.

TABLA 17. Estrategias para el control de micotoxinas.

ESTRATEGIAS AGRONÓMICAS	ESTRATEGIAS POSTERIORES A LA COSECHA
<ul style="list-style-type: none"> • Control de insectos. • Utilización de agentes antifúngicos. • Desarrollo de variedades de plantas resistentes a la contaminación fúngica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control del contenido de agua. • Control de la presión. • Control de O₂ • Control de temperatura. • Control de plagas, insectos y roedores. • Separar granos partidos y cosechas dañadas antes de su almacenaje. • Utilizar agentes antifúngicos como el ácido propionico.

FUENTE: Denli.M. y P.FJ.2006. Contaminación por micotoxinas en los piensos: Efectos, tratamiento y prevención. Facultad de Veterinaria. Barcelona, España, pag. 12

Dentro de la Tabla 17. Se observa que las estrategias más importantes que se emplean para controlar el crecimiento de hongos antes de la cosecha, es la utilización de agentes antifúngicos y tener un control específico de plagas (insectos), dentro de las estrategias posteriores a la cosecha que se controlan, son el contenido de humedad, la presión y temperatura, se pueden utilizar agentes antifúngicos para controlar la proliferación de micotoxinas.

En la Figura 3, se muestran las interacciones que llevan a cabo las micotoxinas, la toxicidad de las mismas se da tras la ingesta de alimentos contaminados, una vez ingerida la toxina se metaboliza en el organismo pudiendo causar serios efectos sobre la salud de las personas y animales, lo que se ve reflejado en la situación económica de cada país.

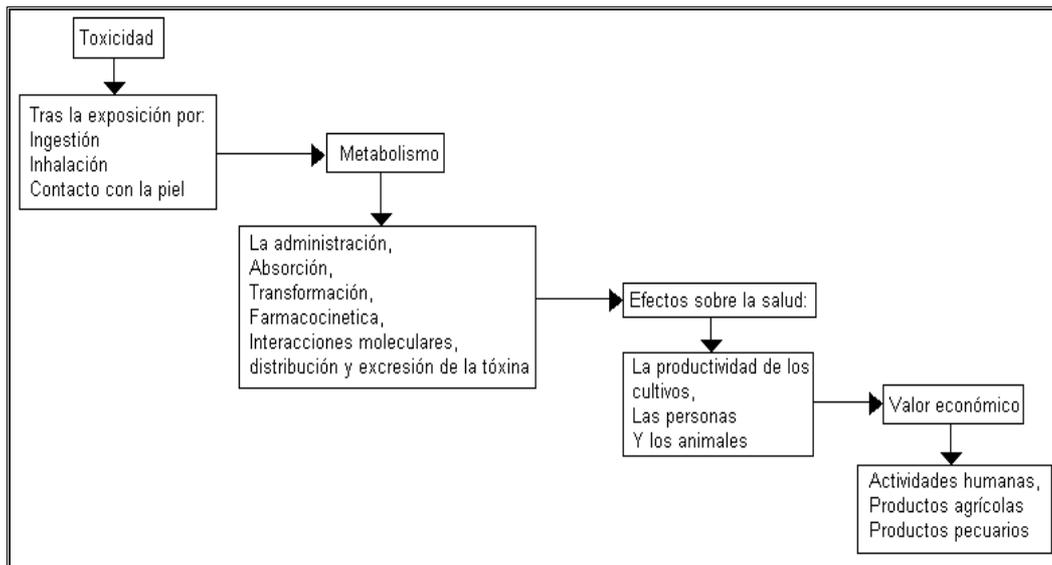


FIGURA 3. Interacción de las micotoxinas

FUENTE: FAO, 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. 73 Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ISSN-1014-2914, Roma, Italia, pag. 160. (ftp://ftp.fao.org/docrep/fao)

En la figura 3, se observan las interacciones de micotoxinas, las cuales tiene al final repercusiones económicas que se dan a partir del efecto adverso que por su toxicidad presentan.

La presencia de mohos y micotoxinas puede reducirse mediante la aplicación de diversas medidas preventivas, tanto antes como después de la cosecha, por ejemplo, medidas adecuadas de lucha contra plagas y enfermedades, Buenas Prácticas de cosecha, secado y almacenamiento. Una vez que se ha producido la contaminación con micotoxinas, ésta puede reducirse mediante diversas medidas, aplicadas principalmente después de la cosecha, que incluyen la elaboración, detoxificación y separación. Los programas de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) han sido útiles para hacer frente a los riesgos asociados a la posible contaminación de los alimentos con micotoxinas.^{10,26}

El control de micotoxinas requiere un enfoque estructurado y sistemático, que esté centrado en la necesidad de establecer medidas de control preventivas y que reconozca las interacciones profundas existentes en el seno de los sistemas de productos y sistemas conexos.

En la Figura 4, se muestra un sistema de control basado en una selección de intervenciones (medidas) preventivas y correctoras que pueden utilizarse para el control de las micotoxinas.



FIGURA 4. SISTEMA DE CONTROL PARA MICOTOXINAS

FUENTE: FAO, 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. 73 Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ISSN-1014-2914, Roma, Italia, pag. 160. (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao>)



3.6 IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL DE LAS MICOTOXINAS.

Las micotoxinas son objeto de interés mundial debido a las importantes pérdidas económicas que acarrearán sus efectos sobre la salud de las personas, la productividad de los animales y el comercio nacional e internacional.^{26,62}

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estimó que el 25% de los cultivos en todo el mundo resultan afectados por micotoxinas año tras año la incidencia de micotoxinas varía en diferentes regiones del mundo. Además de las condiciones climatológicas que favorecen el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas, hay factores socioeconómicos ligados a la contaminación. Las condiciones de pobreza que prevalecen, favorecen el consumo de alimentos contaminados, ya que en muchas ocasiones la alternativa al rechazo de éstos sería el hambre.⁶²

Las relaciones comerciales con otros países influyen decisivamente en el espíritu legislativo de un determinado país, ya que suelen legislar de forma parecida a como lo hacen los países de su entorno comercial.⁶²

3.7 LEGISLACION SOBRE LA PRESENCIA DE MICOTOXINAS EN ALIMENTOS.

En base a los riesgos que las micotoxinas tienen sobre la salud humana, diferentes organismos internacionales como la OMS, The Food and Drug Administration (FDA) y la Food and Agriculture Organization (FAO) han establecido límites o tolerancias respecto a las concentraciones de micotoxinas permitidos en diversos alimentos para varios países.^{28,62}

Mundialmente, al menos 99 países tenían reglamentos para micotoxinas en alimentos en el año 2003, un aumento de aproximadamente 30% comparado con 1995, por ejemplo en África, se sabe que quince países cuentan con reglamentos específicos para micotoxinas. Estos países cubren aproximadamente el 59% de la población del continente.²⁷

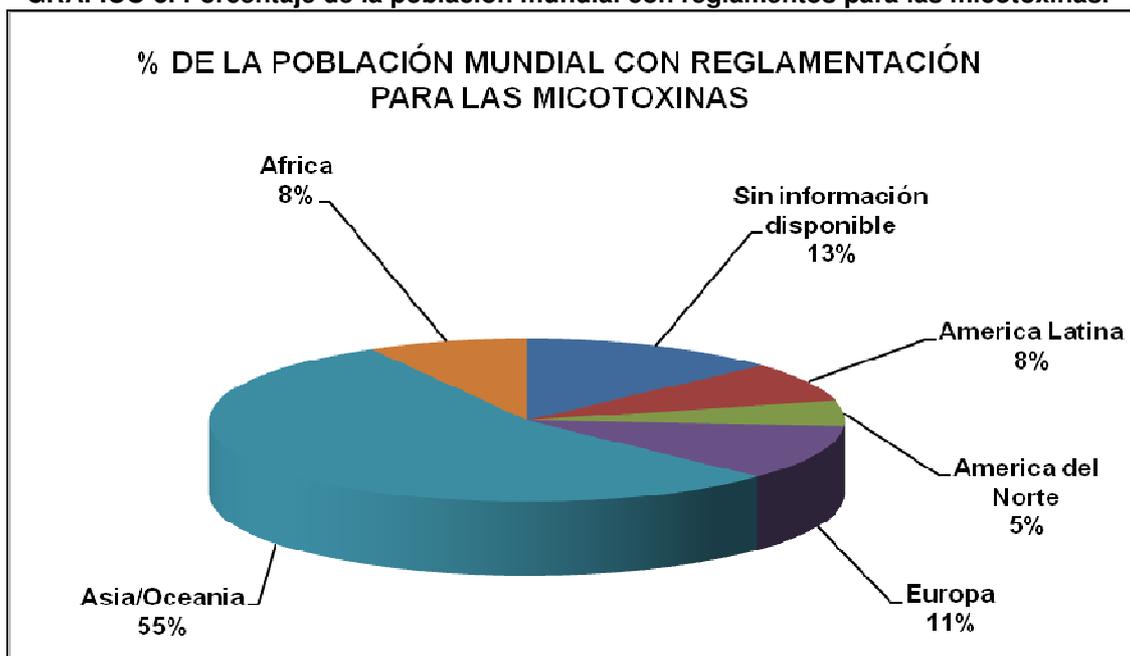
Asia y Oceanía cubren una importante parte del globo, con la mayoría de sus países en las regiones tropical o subtropical, los problemas resultantes de micotoxinas son causados por hongos que crecen a temperaturas superiores. Veintiséis países en Asia/Oceanía cuentan con reglamentos específicos para micotoxinas (88% de la población de la región).

Europa cuenta con reglamentos para micotoxinas en alimentos más extensos y detallados. En la U.E, existen reglamentos armonizados para aflatoxinas en diversos alimentos, para la aflatoxina M1 en la leche, para la ocratoxina A en cereales, para la patulina en el jugo de manzana y en productos de manzana y para aflatoxina B1 en diversas raciones.

En América Latina los principales cultivos agrícolas (maíz, trigo, café, algodón, soja, cebada, girasol, maníes y nueces de árbol, cocoa y lácteos) son muy susceptibles a la contaminación con hongos. Se sabe que 19 países, que representan el 91% de la población, cuentan con reglamentaciones específicas sobre micotoxinas. En el MERCOSUR, bloque comercial integrado por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay existen reglamentos armonizados para aflatoxinas.

Estados Unidos y Canadá cuentan con reglamentos vigentes para micotoxinas y se implementan técnicas avanzadas de muestreo y análisis constantemente. En ambos países, los límites para aflatoxinas se han fijado para la suma de las aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂.²⁷

GRÁFICO 3. Porcentaje de la población mundial con reglamentos para las micotoxinas.



FUENTE: FAO, 2004. Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el 2003. Estudio FAO: Alimentación y nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, pag. 26. (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao>)

En el Gráfico 3. Se observa el porcentaje de los países a nivel mundial que actualmente cuentan con reglamentación donde se establecen los niveles máximos permitidos de micotoxinas en alimentos, como se observa Asia/Oceania son el continente que cuenta con el mayor porcentaje en cuanto a legislaciones, seguido de Europa que tiene el 11%, América Latina cuenta con el 8% de la legislación a nivel mundial y el 13% lo abarcan aquellos países en los cuales no se maneja una legislación para tener en cuenta los niveles máximos permitidos de micotoxinas.

En la Tabla 18. Se encuentran reportados los niveles máximos permitidos de aflatoxinas que se tienen permitidos en diversos países, como Estados Unidos, La Unión Europea, las tolerancias que maneja el CODEX STAN 193-1995 Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en alimentos y la NOM188-SSA1-2002, Productos y servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias.

TABLA 18. Tolerancia de aflatoxinas en alimentos para algunos países.^{14,26,53,54,56,68}

País	Micotoxinas	Nivel máximo permitido (µg / Kg)	Alimento
Estados Unidos	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	20	Alimentos para consumo humano
	Aflatoxina M ₁	0.5	Leche y derivados
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	100-300	Alimentos para consumo animal
	Aflatoxinas B ₁	5	Especies (Capsicum y pimienta, nuez moscada, jengibre y cúrcuma)
Unión Europea	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	2	En cereales, nueces, frutas deshidratadas y productos procesados
	Aflatoxina M ₁	0.05	Leche y derivados
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	15	Cacahuates
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	100-200	Alimentos para consumo animal
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	10	Capsicum spp. (frutos desecados, enteros o triturados, con inclusión
	Patulina	50	Productos con jugo de manzana
	Fumonisina (B ₁ +B ₂ +B ₃)	4	Productos de maíz
	Ocratoxina A	20-30	Alimentos para ganado
Codex	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	5	En granos y cereales
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	15	cacahuates
	Patulina	50	Jugo de manzana y productos con jugo de manzana
México	Aflatoxinas M ₁	50	Leche
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	0.5	Cereales que se destinan para consumo directo o procesado.
	Aflatoxinas M ₁	20	Leche y Productos lácteos.

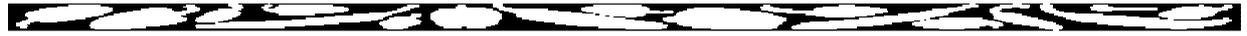
Algunas especies derivadas del género *Capsicum spp*, sin importar que sean frutos desecados, frutos enteros o friturados con chile, chile en polvo y pimentón tienen tolerancias de 5.0 µg/Kg de Aflatoxinas B₁ en Estados Unidos, pero en la Unión Europea se admite un máximo de 10.0 µg/Kg (B₁+B₂+G₁+G₂). El chile por la diversidad de aplicación que tiene es uno de los alimentos de consumo humano más importantes, por lo que actualmente se controlan los niveles máximos permitidos dentro de la Unión Europea.

En el caso de los productos lácteos y derivados, las tolerancias que se manejan son distintas de acuerdo al país, Estados Unidos, México y el CODEX STAN 193-1995 manejan el mismo nivel máximo permitido de 0.5 µg/Kg de Aflatoxina M₁, a diferencia de la Unión Europea que solo permite 0.05 µg/Kg, por tal motivo la exportación de los productos lácteos se complica aun teniendo establecidos los niveles máximos de aflatoxinas permitidos, ya que las tolerancias establecidas en otros países son mucho menores a los establecidos en México.



Los niveles máximos que más se aceptan son en productos que se destinan a consumo animal, Estados Unidos admite de 100-300 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de Aflatoxinas B_1, B_2, G_1, G_2 , y las tolerancias establecidas por la Unión Europea oscilan de 100-200 $\mu\text{g}/\text{Kg}$. En cereales se tienen establecidas diferentes tolerancias, la U.E solo admite 2 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de Aflatoxinas B_1, B_2, G_1, G_2 , y en México se admiten 20 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ en los cereales que se destinan para consumo directo o para productos procesados.

La Unión Europea y el CODEX STAN 193-1995 admiten 50 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de Patulina en productos que tienen jugo de manzana, como se observa en la Tabla 18, la mayoría de los alimentos que se reportan son primordiales para la alimentación humana, por lo que es de suma importancia mantener un margen y control del consumo de los mismos para evitar serios problemas de salud a causa del consumo de productos contaminados con micotoxinas.



CAPITULO IV

ANTECEDENTES DE LAS AFLATOXINAS



CAPITULO IV. ANTECEDENTES DE LAS AFLATOXINAS

4.1 GENERALIDADES DE LAS AFLATOXINAS

El nombre aflatoxinas hace referencia al hecho de ser biosintetizadas por el hongo *Aspergillus flavus*, donde la primera letra, la A, hace referencia al género *Aspergillus*, las tres siguientes, FLA, proceden de la especie *flavus* y el término TOXINA se refiere a su efecto tóxico.^{63,84}

De todas las micotoxinas conocidas, las aflatoxinas son las más investigadas debido al interés que despertaron a principios de la década de los 60's, cuando se reconocieron sus efectos cancerígenos potentes sobre diversas especies animales y su amplia distribución como contaminantes naturales en alimentos.^{20,62,68}

A comienzos de la década de 1960 se produjo en Inglaterra una enfermedad que afectó a las aves del corral, especialmente pavos, causando la muerte de millares de estos animales. Por su etiología desconocida se le denominó "Enfermedad X de los pavos" (turkey X disease). Poco después se comprobó que la causa de esta enfermedad había sido la presencia de metabolitos tóxicos producidos por un hongo (*Aspergillus flavus*) contaminante del maní empleado en la preparación de raciones suministradas a las aves. Estas sustancias, desconocidas hasta entonces, se denominaron aflatoxinas.^{62,63}

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios producidos fundamentalmente por tres especies del género *Aspergillus*, por *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius* y algunas variedades de *Penicillium*, estos hongos son componentes comunes de la microflora de suelos, productos vegetales y contribuyen activamente al deterioro de granos almacenados y otros productos agrícolas, por su consumo pueden afectar el metabolismo de casi todos los seres vivos, incluyendo animales y humanos.^{1,40,45,60,63,65,69}

4.2 CLASIFICACION DE LAS AFLATOXINAS

Con el nombre genérico de aflatoxinas se designa a un grupo de compuestos químicamente relacionados producidos por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, con estructura de difuranocumarias. Se han aislado 20 compuestos pertenecientes a la familia de las aflatoxinas, pero las más importantes son las aflatoxinas B₁ (AFB₁), G₁ (AFG₁) y G₂ (AFG₂), que son las halladas usualmente juntas, en diferentes proporciones, en alimentos contaminados por *A. flavus* o *A. parasiticus*. La AFB₁ es la más frecuente y tóxica. La nomenclatura hace referencia a sus propiedades físico-químicas, ya que las del tipo B presentan fluorescencia azul (blue) y las tipo G fluorescencia verde (green) cuando se les observa bajo luz ultravioleta. El subíndice 1 indica mayor movilidad cromatográfica que el 2.^{7,20,22,32,33,35,59,62,68,69}

A. flavus produce aflatoxina B₁, B₂ y ácido ciclopiazónico, pero sólo una parte de los aislamientos son toxigénicos, mientras que se ha reportado que el *A. parasiticus* produce aflatoxina B₁, B₂ y G₁, G₂, y todos sus aislamientos son toxigénicos.²²

Dentro de la Tabla 19. Se reportan las principales micotoxinas, los efectos tóxicos que causan en humanos y las especies de micotoxinas que producen los efectos tóxicos.

TABLA 19. Micotoxinas producidas por la especie de *Aspergillus* y sus efectos tóxicos.

MICOTOXINAS	TOXICIDAD	ESPECIES PRODUCTORAS
Aflatoxinas B ₁ y B ₂	Lesiones hepáticas agudas, cirrosis, cancerígenas (hígado), teratogénicas inmunosupresoras.	<i>A.flavus</i> , <i>A.parasiticus</i> , <i>A.nomius</i>
Aflatoxinas G ₁ y G ₂	Efectos semejantes a los de las aflatoxinas B: la toxicidad de la G ₁ es menor que la de la B ₁ , pero mayor que la B ₂ .	<i>A.parasiticus</i> , <i>A.nomius</i>
Ácido ciclopiazónico	Degeneración y necrosis de varios órganos, tremorgénico, toxicidad oral baja.	<i>A. flavus</i>
Ocratoxina A	Necrosis renal (especialmente cerdos), teratogénica, inmunosupresora.	<i>A. ochraceus</i>
Fumitremórgenos	Tremorgénicos (en ratas y ratones)	<i>A.fumigatus</i>
Territremos	Tremorgénicos (en ratas y ratones)	<i>A. terreus</i>

FUENTE: Jay, J. M.1991. *Modern Food Microbiology. Fourth Edition.* Ed. Chapman and Hall. New York. London. p.p 641-647, Doyle P.Michael, Beauchant R. Larry y Montville.J. Thomas. 2001. *Microbiología de los Alimentos.Fundamentos y Fronteras.* Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, pag. 415

A.flavus y *A.parasiticus* presentan una gran afinidad por los frutos secos y las semillas oleaginosas. Maíz, cacahuate y semillas de algodón son las cosechas más importantes que invaden estos mohos y en bastantes ocasiones la invasión tiene lugar antes de la recolección y no durante su almacenamiento, la producción de aflatoxinas en alimentos, casi siempre se debe a una mala manipulación o un almacenamiento deficiente.²²

Como se observa en la Tabla 19, los efectos que tienen las aflatoxinas en cuanto a la toxicidad que causan son muy variados, aunque se sabe que algunas micotoxinas causan lesiones hepáticas y cancerígenas para el ser humano. Además de efectos carcinogénicos, las aflatoxinas y sus metabolitos pueden afectar cualquier órgano, sin embargo el órgano blanco principal es el hígado.^{24,57}

Las aflatoxinas son sustancias biogénicas y están estructuralmente relacionadas, químicamente son cumarinas sustituidas, conteniendo anillos de bifurano y configuración tipo lactona, comunes a todas ellas, todas son muy fluorescentes. Actualmente se han identificado 18 tipos de aflatoxinas, de las cuales sólo seis tienen significación como contaminantes de alimentos: las aflatoxinas del grupo B (B₁ y B₂), G (G₁ y G₂) Y M (M₁ y M₂). La numeración 1 y 2 dentro de cada grupo hace referencia a su movilidad cromatográfica relativa. Algunas estructuras químicas de las micotoxinas más importantes se muestran en la Figura 5.^{4,20,44,60,63}

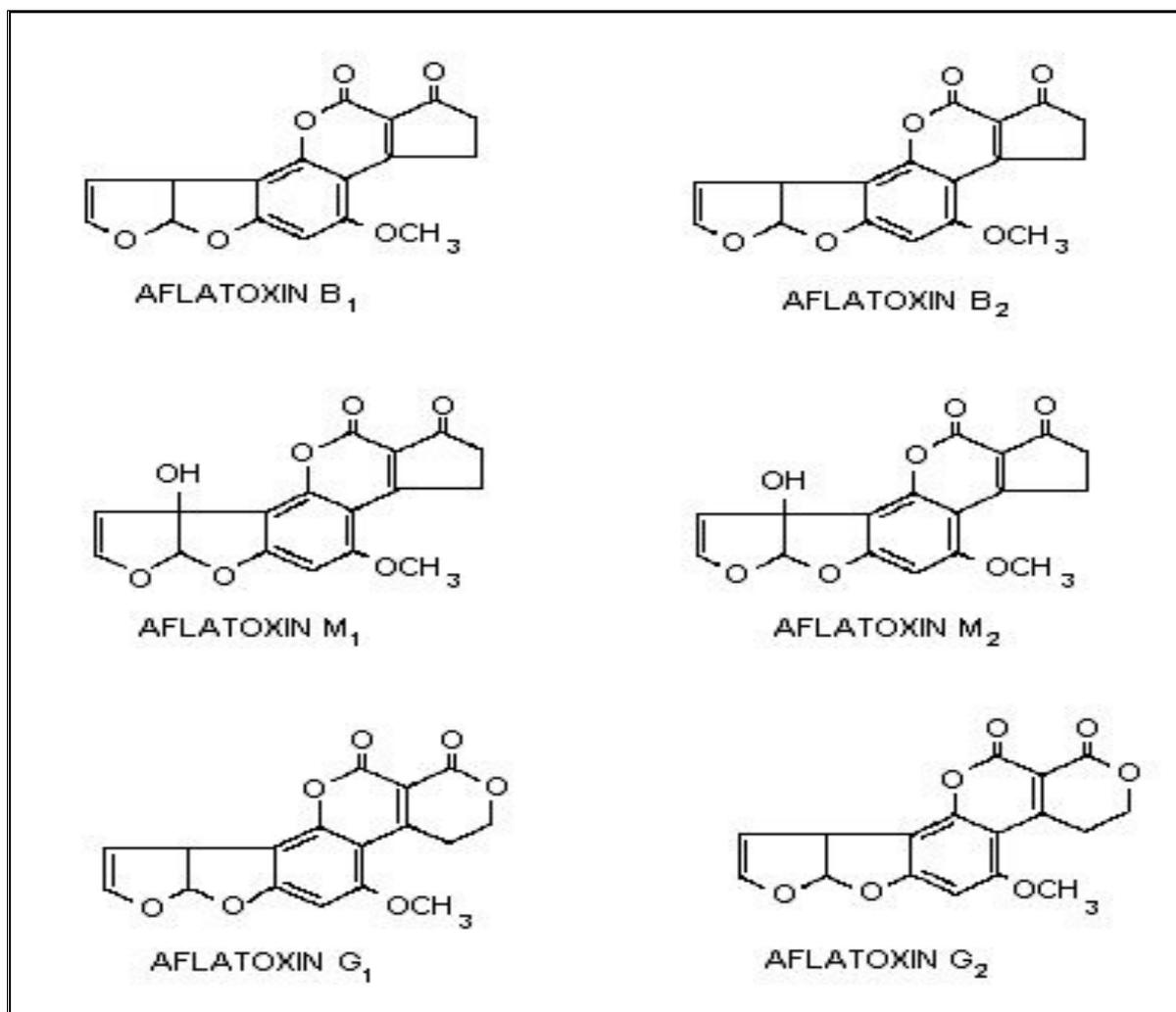


FIGURA 5. Estructura química de las aflatoxinas más conocidas
 FUENTE: www.food-info.net, consultada el 03 de Octubre del 2007

La aflatoxina B₁ (AFB₁), se considera la más importante de toda la serie, normalmente aparece con mayor frecuencia y a mayor concentración que las restantes, aunque las concentraciones relativas entre ellas y la frecuencia de su aparición puede variar entre márgenes muy amplios dependiendo de la cepa fúngica, del sustrato de crecimiento y de las condiciones ambientales.^{63,68,84}



4.3 EFECTOS DE LAS AFLATOXINAS

Las aflatoxinas pueden tener un efecto muy serio en la salud de organismos vivos, no se sabe cuál es exactamente el nivel tóxico de las aflatoxinas para consumo humano, especialmente la tipo B₁. La severidad de la acción de la toxina puede causar efectos en la actividad relativa de las vías de biotransformación y reparación del ADN, produciendo efectos principalmente carcinogénicos y mutagénicos y también alterando varios factores nutricionales, incluyendo cambios en la grasa, proteínas, vitaminas y minerales esenciales o en procesos energéticos.^{59,64}

Exposición aguda:

Esta más relacionada con el consumo de altos niveles de aflatoxinas sobre períodos relativamente cortos, el efecto de la toxina ha sido mejor reportada en animales tales como aves de corral, truchas, ratones y conejos, que sufrieron de aflatoxicosis aguda clínica después del consumo de productos contaminados

Exposición crónica:

La exposición crónica es más común que la exposición aguda es más difícil de identificar, los animales y el hombre están expuestos al consumo de cierta cantidad de toxina durante toda su vida o por largos periodos de tiempo, la exposición crónica a la toxina induce la producción de células cancerígenas, convirtiéndolo en un problema de salud pública.⁵⁹

En la exposición crónica el efecto más drástico se ve en el ADN. Su efecto se puede subdividir en carcinogénico, mutagénico y teratogénico. Bioquímicamente se considera que las aflatoxinas, en especial la AFB₁ puede pasar en el hígado por dos fases. La Fase I por acción del complejo citocromo p-450 monooxigenasas que produce en el organismo una variedad de derivados reducidos y oxidados que supuestamente no presentan actividad carcinogénica, como los productos AFQ₁ Y AFM₁ , pero también pueden producir productos como la aflatoxina AFB_{1,8,9} epóxido (AFBO), que es un producto inestable y que forma aducciones con el ADN, el cuál puede llevar a mutaciones en proto-oncogen y genes supresores de tumores. Fase II, El compuesto AFBO puede llegar a conjugarse con proteínas o sufrir hidroxilación o conjugarse con el glutatión (GSH) en el hígado y ser excretado en la orina o en las heces como ácido mercaptúrico (Figura. 6), combinándose con proteínas a los diferentes tejidos y provocando diferentes clases de intoxicaciones.^{40,59}

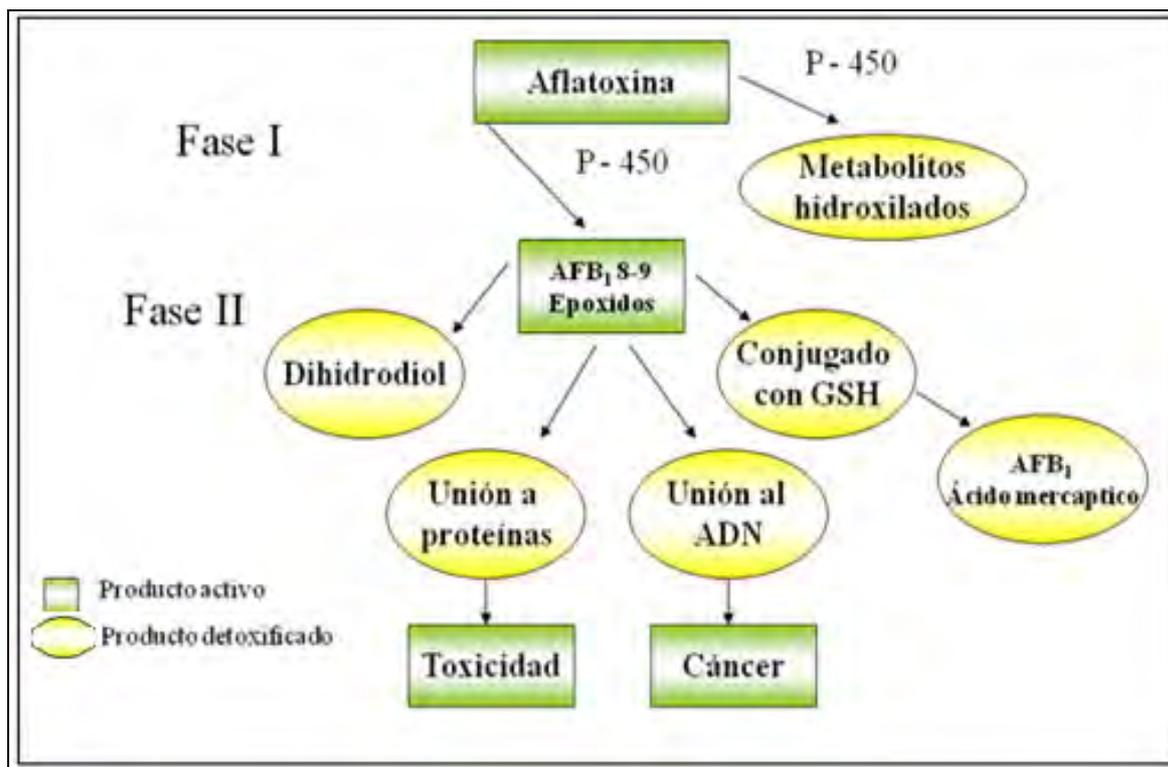


FIGURA 6. Biotransformación de las aflatoxinas
FUENTE: Santos, C.O.M.2007. Importancia y efectos de la aflatoxina en los seres humanos. Facultad de Medicina. Universidad de Bucaramanga. Colombia, pag. 5

Además de los efectos carcinogénicos, las aflatoxinas y sus metabolitos pueden afectar cualquier órgano, sin embargo el órgano blanco principal es el hígado graso y pálido, necrosis moderada y extensiva, hemorragia y otras patologías como alargamiento de la vesícula, daño en el sistema inmune, nervioso o reproductivo.

4.4 METODOS DE CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS

La toxicidad aguda de las micotoxinas ha dado lugar a serios problemas de salud en humanos. Actualmente el análisis de micotoxinas es esencial para disminuir el consumo de alimentos y piensos contaminados.⁶⁸

El desarrollo de métodos y evaluación de micotoxinas no es fácil, las lecturas que se realizan de las determinaciones de concentraciones de toxinas en granos se reportan en ppb (partes por billón). Todos los métodos analíticos para la identificación de aflatoxinas consisten en cuatro pasos: preparación de la muestra, extracción, la limpieza o el aislamiento y la medición de las toxinas. Algunos de las técnicas se clasifican en:⁶⁸

4.4.1 TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN Y LIMPIEZA

Extracción de columnas de inmunoafinidad (Immunoaffinity column IAC).

La extracción con columnas de inmunoafinidad ha cobrado una gran popularidad en los últimos años, por su facilidad de uso y alta selectividad frente a otras técnicas de extracción, las micotoxinas tienen por lo general un tamaño molecular bajo comportándose como sustancias haptenos, los anticuerpos producidos requieren una unión a distintos transportadores tales como agarosa, sefarosa o dextrano, para fijarlos en la fase estacionaria.^{16,25,63}

El proceso consiste en acondicionar previamente la columna, para luego añadir el extracto objeto de análisis. La micotoxina problema se unirá a los anticuerpos monoclonales fijados en la columna de inmunoafinidad y mediante un líquido de lavado podrán eliminarse los restos del extracto, por último la elusión de la micotoxina permitirá continuar el análisis. Actualmente se comercializan columnas de inmunoafinidad para aflatoxinas del grupo B, G y M, ocratoxina A, deoxinivalenol, fumonisinas, toxina T-2 y Zearalenona, se han desarrollado columnas de inmunoafinidad que permitan la extracción y purificación simultánea de varias micotoxinas al mismo tiempo como puede ser la Ochra Aflaprep para aflatoxinas y ocratoxina A.^{50,63,68}

Las columnas de inmunoafinidad utilizan anticuerpos monoclonales covalentes unidos a enlaces de agarosa que dan una extracción selectiva de la matriz de los componentes. Es un método rápido que se utiliza para el análisis de aflatoxinas, se considera de gran importancia para la examinación de grandes números de alimentos (cereales), implica la extracción química y cromatográfica en pequeñas columnas de sílica gel en combinación con fluorisil con la subsecuente separación de la aflatoxina como una banda fluorescente única. Las columnas de inmunoafinidad Afla test, permiten la medición de todas las aflatoxinas importantes incluyendo (B₁, B₂, G₁ y M₁), sin utilizar solventes tóxicos como cloroformo o cloruro de metileno. Es un método cuantitativo, rápido, simple, seguro y muy preciso.^{47,71}

En la Tabla 20. Se muestran las principales ventajas e inconvenientes de las técnicas de extracción que se emplean para la identificación de micotoxinas en alimentos.

TABLA 20. Principales ventajas e inconvenientes de las técnicas de extracción y limpieza.

TÉCNICA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Extracción en columnas de inmunoafinidad	- Ideal para muestras líquidas. Menor gasto de disolvente. - Extractos limpios.	- Elevado costo de las columnas de inmunoafinidad. - No reutilizables.

FUENTE: Soriano, C. J.M. 2007. *Micotoxinas en Alimentos*. Primera Edición. Ed Díaz de santos. España, pag. 3-160.



4.4.2 TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN O SCREENING

La finalidad analítica de las técnicas de exploración o screening es la de descartar de una manera rápida, las muestras negativas y reducir al máximo el número de análisis. Se aplican cuando existe un gran número de muestras, sin embargo es recomendable usar alguna técnica de confirmación para validar los resultados positivos dado que en general los métodos de screening son relativamente sensibles pero poco selectivos, las técnicas de exploración más empleadas para el análisis de micotoxinas son los inmunoensayos y los biosensores.⁶³

Inmunoensayos.

Dos son las técnicas que se han utilizado para el análisis de micotoxinas: el radioinmunoensayo (Radio Immuno Assay, RIA) y el ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay). El primero de ellos consiste en añadir al medio de reacción un anticuerpo específico y una cantidad conocida de micotoxina marcada radioactivamente, la cuál se incuba con la muestra problema, tras un lavado del medio, se mide la radioactividad emitida por la muestra con un contador de centelleo.⁶³

La técnica ELISA o enzimoimmunoensayo, es un procedimiento que incluye el uso de anticuerpos que se unen de manera específica a proteínas de interés (anticuerpos primarios), una reacción colorimétrica o fluorimétrica desencadenada por un segundo anticuerpo (o anticuerpo secundario) permite visualizar y medir la cantidad de la proteína de interés. Una restricción para el uso de pruebas de ELISA en la detección de proteínas transgénicas es la desnaturalización de éstas durante el procesamiento del alimento. Los métodos Elisa son generalmente utilizados como monitoreo rápido.^{63,66,70}

4.4.3 TÉCNICAS DE CONFIRMACIÓN

Cromatografía en capa fina

Desde 1961, fecha en la que se descubrieron las aflatoxinas, la cromatografía de capa fina (CCF) (Thin-Layer Chromatography, TLC) ha sido uno de los métodos de elección para la investigación y determinación de micotoxinas.^{16,66}

Esta técnica se basa en la utilización de una capa fina de silica gel que se coloca en una placa de vidrio y la aplicación de una muestra concentrada de aflatoxina sobre una línea base. La separación ocurre a través de la migración de un solvente, seguida de un secado y la caracterización de la marca resultante. La detección se basa en las propiedades fluorescentes de la aflatoxina.^{20,38,63,66,70}



La cuantificación se puede obtener por métodos que implican el uso del fluorodensitómetro en el cuál las placas de cromatografía son examinadas bajo la luz UV y escaneadas con un fotómetro que permite localizar exactamente la posición de marcas fluorescentes.

Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

Es el método más usado para el análisis de aflatoxinas y otras toxinas debido a su sensibilidad y su exactitud comparado con el de capa fina. La técnica implica la separación de constituyentes de la muestra seguida de su detección y cuantificación. La separación se obtiene a través de una distribución competitiva de la muestra entre una fase líquida móvil y una fase sólida estacionaria que esta sostenida en una columna. La eficiencia de la separación depende de la optimización de los parámetros de la columna, especialmente del tamaño de la partícula. Entre las ventajas más importantes que presenta el HPLC se encuentra la posibilidad de separar sustancias termolábiles, no volátiles, polares y apolares con aceptable resolución entre sustancias químicamente similares de manera rápida y reproducible.^{4,38,63,65,66,70}

Algunos métodos empleados para la determinación de micotoxinas en alimentos han sido validados en base a estudios internacionales, su precisión y exactitud ha sido estimada para determinados productos de acuerdo a normas establecidas. AOAC Internacional es de las principales organizaciones encargadas de validar métodos para la cuantificación de micotoxinas.^{38,68}

La confiabilidad del resultado de un análisis de aflatoxinas y en general de las micotoxinas depende en mayor o menor grado de varios factores, siendo los más importantes: el muestreo del producto, el método de análisis que implica la calidad, reactivos, equipos y estándares, puesto que las aflatoxinas tienen una distribución altamente heterogénea.⁴⁹



OBJETIVOS



♥ OBJETIVO GENERAL

Cuantificar la flora micótica y el contenido de aflatoxinas en cuatro variedades de chile seco de segunda calidad (ancho, guajillo, pasilla y piquín), en cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana (Iztapalapa, Atizapán, Tultitlán, Ecatepec).

♥ OBJETIVOS PARTICULAR 1

Determinar la flora micótica e identificar la presencia de hongos toxigénicos (*Aspergillus flavus*) en cuatro variedades de chiles secos de segunda calidad (ancho, guajillo, pasilla y piquín), en cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana (Iztapalapa, Atizapán, Tultitlán, Ecatepec).

♥ OBJETIVO PARTICULAR 2

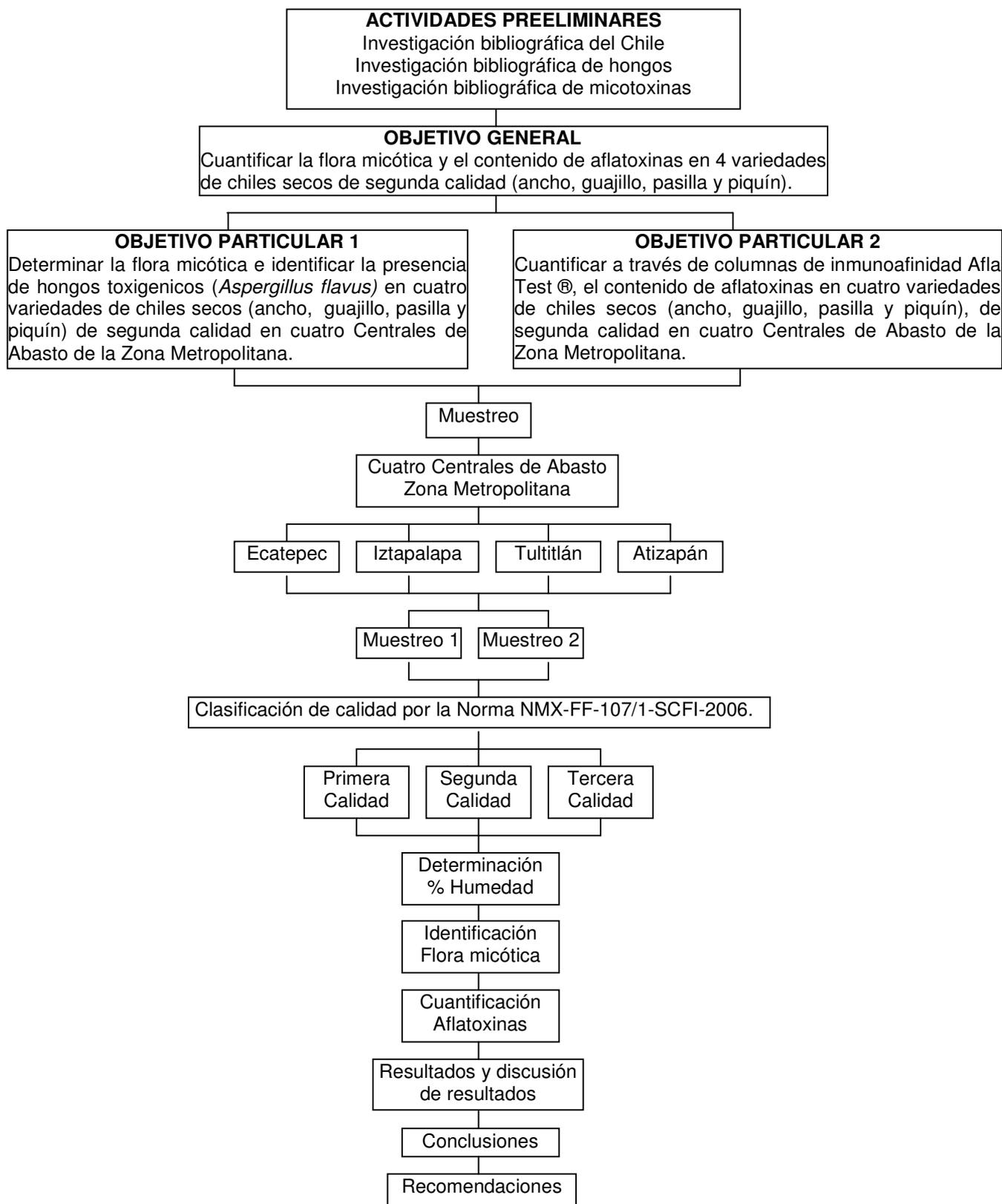
Cuantificar a través de columnas de inmovilización de afinidad aflatest ® el contenido de aflatoxinas en cuatro variedades de chiles secos de segunda calidad (ancho, guajillo, pasilla y piquín), en cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana (Iztapalapa, Atizapán, Tultitlán, Ecatepec).



CAPITULO V

METODOLOGIA

5.1 CUADRO METODOLOGICO





El trabajo experimental se realizó en tres etapas, la primera se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos en la unidad de posgrado de la FES Cuautitlán, iniciando con el muestreo de las 4 variedades de chiles secos hasta el aislamiento de las cepas de los chiles secos en viales para su posterior identificación en el Laboratorio de Micología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

5.2 MUESTREO DE LAS VARIEDADES DE CHILE SECO

• Muestreo del Chile seco en cuatro Centrales de Abastos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El muestreo se realizó en cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana:

- Iztapalapa
- Atizapán
- Tultitlán
- Ecatepec

Se muestrearon 2 locales al azar en cada Central. Una vez determinados los locales, se tomaron muestras de las cuatro variedades de chile seco a estudiar:

- Chile guajillo
- Chile piquín
- Chile ancho
- Chile pasilla

Se muestrearon por cuarteos los sacos de chile hasta llegar a 1 Kg. de muestra, una vez teniendo la muestra de trabajo, los chiles fueron etiquetados indicando el tipo de chile y la Central de procedencia, se empacaron en bolsas de papel y se transportaron al laboratorio para su posterior análisis.

• Almacenamiento del chile seco.

Tomando en cuenta que durante el almacenamiento de los chiles el nivel de humedad, la exposición al aire, luz y la alta temperatura, son factores críticos que afectan la retención de color. Los chiles se almacenaron en un lugar fresco y seco a Temperatura ambiente (25°C), separados en bolsas de papel para evitar la contaminación de los mismos por hongos.³¹



5.3 CLASIFICACION DE LAS CUATRO VARIEDADES DE CHILE SECO

Una vez teniendo las muestras de las cuatro variedades de chiles secos de las cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana, se realizó la clasificación de calidad en los chiles secos de acuerdo a los daños observados en su estructura, tomando en cuenta lo establecido en la Norma NMX-FF-107/1-SCFI-2006. Productos Alimenticios-chiles secos enteros (guajillo, ancho, mulato, de árbol, puya y pasilla)-Parte I – Especificaciones y métodos de prueba.

La clasificación se realizó después de haber pesado, limpiado y haberles quitado algunas basuras (patas) a cada variedad, para obtener chiles que no presentaran ningún tipo de daño en su estructura y así ser clasificados dentro de primera calidad, segunda calidad y tercera calidad.

Después de haber limpiado el chile seco se pesó la basura para saber que cantidad de lo que se había comprado era por ciento de chile y que por ciento de basura, cuando se realizó la clasificación de acuerdo a los tres grados de calidad, se tomó el por ciento de chile sin basura como un 100% total de chile en buen estado, para obtener los porcentajes de chile seco clasificados como primera, segunda y tercera calidad.

5.4 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS CUATRO VARIEDADES DE CHILE SECO

Uno de los factores ambientales que debe estar controlado durante el almacenamiento de los chiles es el porcentaje de humedad, ya que es un factor ambiental crítico que influye en la velocidad de multiplicación de los microorganismos, provocando la descomposición de los chiles y afectando la calidad de los mismos.⁴⁰

Durante el trabajo experimental se determinó el porcentaje de humedad de las cuatro variedades de chiles secos con las que se trabajó durante la experimentación, en base a lo establecido por el método de determinación de humedad por estufa, donde:

- Se emplearon cajas de aluminio a peso constante.
- Se pesó la caja de aluminio sin muestra
- Se añadieron 5 g de muestra de chile seco (previamente molido).
- Se colocaron las muestras en la estufa a 100 °C por aproximadamente 5 horas.
- Después del tiempo transcurrido se sacó la muestra de la estufa con ayuda de unas pinzas y se colocó en el desecador por aproximadamente 30 mín, hasta que se enfrió la muestra.
- Se pesó la caja de aluminio con la muestra y se registró.
- Se colocó nuevamente la muestra en la estufa por 1 hora, nuevamente se volvió a sacar la muestra de la estufa, se dejó enfriar y se pesó para ver si las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedían más de 5 mg.



La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Donde:

m_1 : masa de la caja de aluminio sin muestra (g)

m_2 : masa de la caja de aluminio con la muestra antes del secado (g)

m_3 : masa de la caja de aluminio con la muestra desecada (g)

Las determinaciones de humedad se realizaron por triplicado y de los datos obtenidos solo se reportó la media.

5.5 TÉCNICA DE SIEMBRA DIRECTA DEL CHILE SECO.

Para la siembra del chile seco de segunda calidad de las cuatro variedades de chiles secos que se estudiaron, primero se realizó la técnica de puntos aislados, donde:

- Se tomó el chile seco de segunda calidad y se partió en pequeños fragmentos (aproximadamente 5 mm).
- Con la ayuda de unas pinzas estériles se colocaron sobre la superficie del medio de cultivo (SDA y PDA).
- Los fragmentos de chile se depositaron sobre el agar de manera que quedaran separados unos de otros, para favorecer el crecimiento de los hongos dentro de la caja Petri.
- El chile se colocó en diez puntos diferentes dentro de la caja Petri, ya que son los recomendados por la técnica de puntos aislados.
- Una vez teniendo las cajas con los fragmentos de chile se incubaron a 25°C y se esperó durante 5 días para observar el crecimiento de los hongos.

• Aislamiento de las cepas del chile seco.

Después de observar el crecimiento de los hongos dentro de las cajas Petri durante la incubación de las mismas se procedió a realizar el aislamiento de cada uno los hongos que se desarrollaron durante la incubación, ya que en ocasiones se observaba el crecimiento de hongos diferentes.

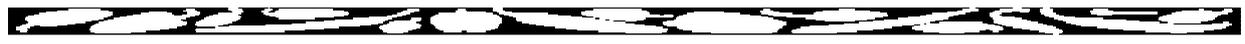


El aislamiento de los hongos se realizó de la siguiente manera:

- Se trabajó en área estéril y con ayuda del mechero, se estuvo esterilizando al rojo ardiente un asa bacteriana.
- Una vez teniendo el asa lista se enfriaba dentro de la caja petri en una de las orillas, incrustándola en el agar
- Con la punta del asa se raspó la superficie del hongo para tomar las esporas.
- Se procedió a tomar una caja Petri con los agares específicos que se emplearon (SDA y PDA) y se sembraron las esporas del hongo al centro de la caja.
- Una vez aislado se incubó nuevamente a 30°C para observar el crecimiento de cada hongo.

• **Crecimiento y sembrado de las cepas de chiles de segunda calidad en viales para su identificación**

- Una vez teniendo los hongos aislados se procedió a purificarlos, esto se hizo colocando las esporas de los hongos que se desarrollaron (en las cajas Petri), dentro de viales, para su posterior identificación.
- Con la ayuda del asa bacteriana, se raspó la superficie del hongo y se incrustaron las esporas dentro de los viales con el medio de cultivo (SDA y PDA), se incubaron nuevamente a 30°C para observar la proliferación del hongo.
- Teniendo el hongo ya desarrollado se procedió a la identificación del mismo mediante la técnica de microcultivo.



La segunda etapa experimental se realizó en el Laboratorio de Micología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, la cuál consistió en realizar la técnica de microcultivo y la identificación de las cepas.

5.6 TÉCNICA DE MICROCULTIVO

Consiste básicamente en preparar una placa con 30-35 ml de medio (SDA y/o PDA), del cuál se corta aproximadamente 1 cm², utilizando material esterilizado, el bloque de agar se transfiere a la superficie de un porta objetos y se inoculan los cuatro lados del bloque de agar con las esporas o el crecimiento micelial del hongo a estudiar, se coloca un cubreobjetos con la ayuda de unas pinzas previamente flameada encima del bloque de agar.

Una vez teniendo la muestra lista se adicionan aproximadamente 10 ml de agua destilada estéril, teniendo cuidado del que el nivel del líquido no toque el portaobjetos, se procede a incubar el microcultivo a 28 °C hasta observar sobre del medio el desarrollo del micelio, cuando este toque tanto al porta como al cubreobjetos se puede realizar la observación, quitando primeramente toda el agua destilada con ayuda de una pipeta y se sustituye por formol al 10% (10 ml), se deja que la solución actúe por alrededor de 1 a 2 horas.

Se retira el medio de cultivo con un bisturí previamente flameado para tener el hongo sobre el porta y cubreobjetos, posteriormente para el examen se agregan de 1 a 2 gotas del colorante azul de algodón lactofenol en un portaobjetos limpio, se coloca el cubreobjetos del microcultivo en el colorante y se observa en el microscopio con aumento de (10 x) y posteriormente a (40 x).⁶¹

5.7 IDENTIFICACIÓN AL MICROSCOPIO

La identificación y clasificación de los hongos se realizó en base a las características morfológicas: tamaño y forma de las cabezas conidiales, morfología de los conidióforos, fiálides, métulas (Figura.7) y se comparó contra manuales de identificación, la referencia que se empleó para la identificación fue Larone. H. D.1995. *Medically Important Fungi. A guide to Identification*. ASM Press. Washington,D.C. p.p 3-17.^{41,62,75}

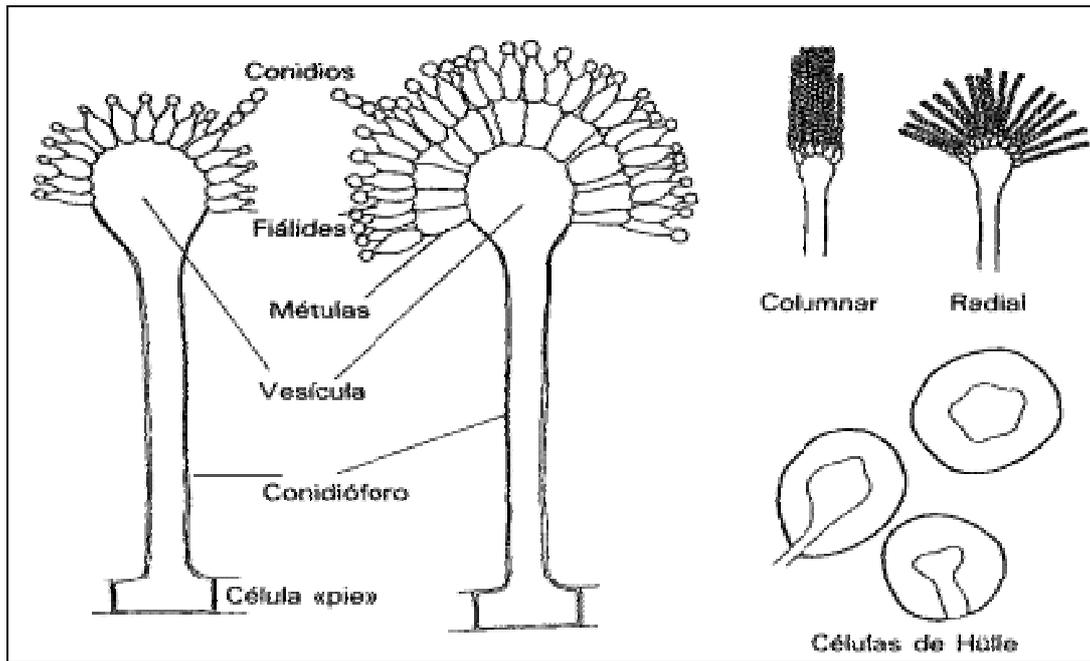


FIGURA 7. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL ASPERGILLUS
 FUENTE: www.uprm.edu/.../Aspergilosis_files/image002.gif (Consultada el 23 de Febrero del 2009)

5.8 IDENTIFICACIÓN DE LAS CEPAS

Hongos identificados en las cuatro variedades de chiles secos

Al finalizar con la identificación de la flora micótica de las cuatro variedades de chile, se observó que todas las variedades presentaron hongos de campo como el *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, también estuvieron presentes hongos de almacén: *A. glaucus*, *A. flavus*, *A. versicolor* y *Penicillium* y se encontraron identificados los principales hongos de deterioro avanzado como el *A. niger*, *A. fumigatus* y el *Rhizopus*, los cuáles se muestran en la Figura 8.

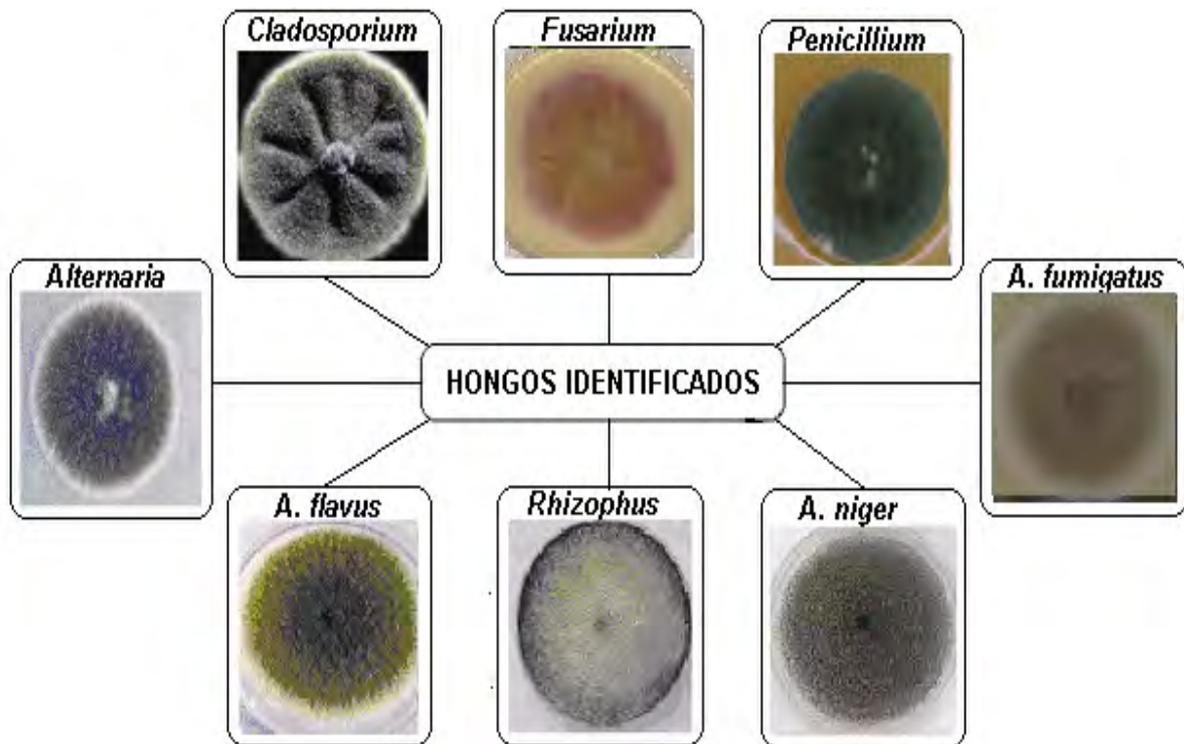


FIGURA 8. Hongos identificados en las variedades de chile seco

En la Figura 8, están representados los principales hongos identificados durante la experimentación, algunos de los más importantes y sobresalientes son el *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *A.Fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger* y *Rhizophus*, este último, hongo denominado de suelo, pues se presenta básicamente por condiciones de almacenamiento a las que son sometidos los chiles.

Durante la tercera etapa experimental se realizó la cuantificación de aflatoxinas en el Laboratorio de Análisis de Alimentos, de la unidad de posgrado de la FES Cuautitlán.

5.9 METODOLOGIA DE LA CUANTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS

En la Figura 9, se muestra la metodología que se empleó durante la experimentación para la cuantificación de aflatoxinas de las cuatro variedades de chiles secos procedentes de las cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana con la que se trabajó.⁷¹

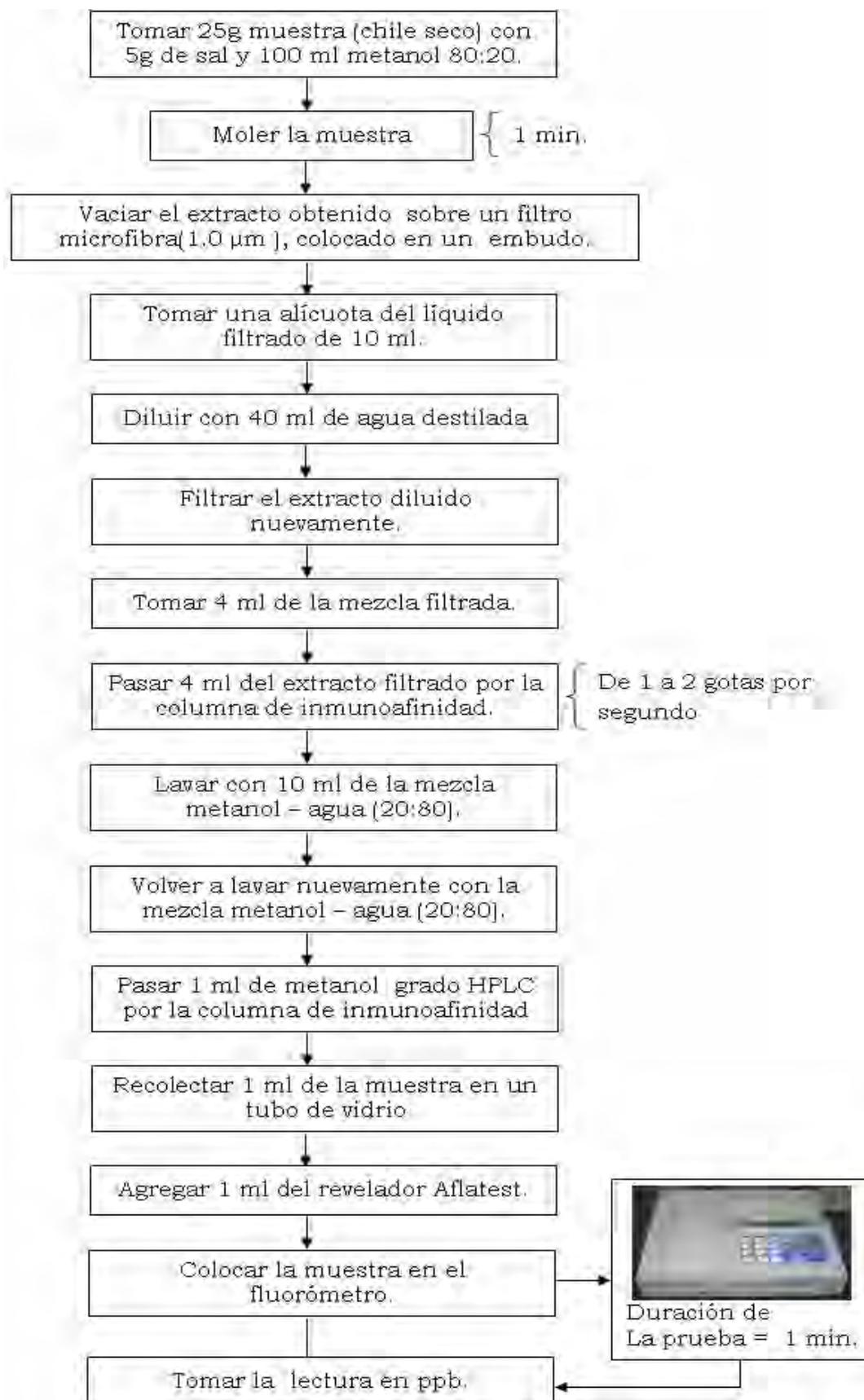


FIGURA 9. Metodología de la cuantificación de Aflatoxinas



CAPITULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CUATRO VARIEDADES DE CHILE SECO

◆ CHILE GUAJILLO

En la Figura 10. Se observa que el chile clasificado dentro de tercera calidad fue el que presentó daños mayores a 2.0 cm² equivalente al 30.9% del chile guajillo, los daños observados fueron manchas sobre la estructura de los chiles que parecían ligeros ataques de plagas, quemaduras por sol y ligeras deformaciones, casi la mitad del chile presentó daños en su estructura, el 48.3% fue chile guajillo clasificado como segunda calidad y solo el 20.8% de los mismos se encontraron exentos de daños físicos menores a lo establecido por normatividad en su estructura, por lo que se clasificaron como primera calidad.⁵³

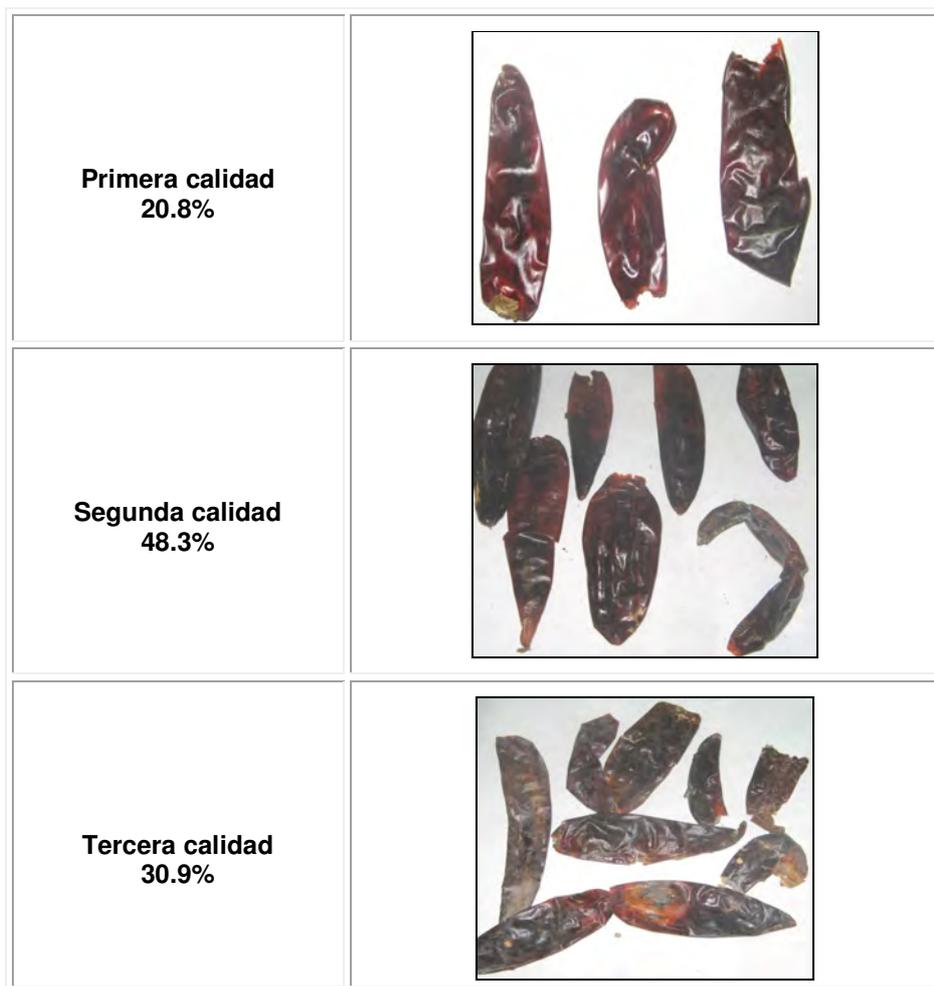


FIGURA 10. Chile Guajillo

En la Figura 10, se observan las imágenes de los chiles clasificados en los diferentes grados de calidad, por ejemplo en los chiles guajillos de primera calidad, se observan chiles que no presentan daños y tienen un color uniforme en su estructura, los chiles clasificados como segunda calidad presentaron diferencia de color en su estructura y en los chiles de tercera calidad se observaron mayores daños como chiles deformados y con manchas.

◆ CHILE PASILLA

Los daños observados en el chile pasilla, no fueron tan significativos como los vistos en el chile guajillo. Como se observa en la Figura 11, el 46.5% fue chile pasilla clasificado como segunda calidad, pues en estos se observaron ligeras manchas, el 32.9% de los chiles se clasificaron como tercera calidad, los daños que se encontraron en este grado de calidad fueron más visibles con respecto a los de segunda calidad, y como se observa en la Figura 11, solo el 20.6% del chile estuvo exento de daños, de acuerdo a lo establecido en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.⁵³

<p>Primera calidad 20.6%</p> <p>◆ Chiles exentos de manchas, quemaduras de sol y deformaciones.</p>	
<p>Segunda calidad 46.5%</p> <p>◆ Chiles que presentaron ligeras manchas, quemaduras de sol y deformaciones.</p>	
<p>Tercera calidad 32.9%</p> <p>◆ Chiles que se observaron parcialmente quebrados con raspaduras y deformaciones.</p>	

FIGURA 11. Chile Pasilla

◆ CHILE ANCHO

En el caso del chile ancho (Figura 12), los clasificados en tercera calidad fueron aquellos que presentaron daños mayores a 2.0 cm² en la superficie de los mismos, equivalente al 30.9% del total, todo el chile clasificado dentro de este grado de calidad presentó quemaduras de sol y posibles ataques de plagas. El 41.5% fue clasificado como segunda calidad, pues los daños que se observaron no eran tan críticos como los identificados en tercera calidad y solo el 27.5% de los chiles quedaron clasificados en primera calidad, ya que los daños en estos fueron menores a lo establecido por normatividad.⁵³

<p>Primera calidad 27.5%</p> <p>◆ Chiles que presentaron un color uniforme en su estructura, sin quemaduras de sol.</p>	
<p>Segunda calidad 41.5%</p> <p>◆ Chiles que se observaron con rugosidad y ligeras manchas en su estructura.</p>	
<p>Tercera calidad 30.9%</p> <p>◆ Chiles que presentaron manchas por posible presencia de plagas y deformaciones en su estructura.</p>	

FIGURA 12. Chile Ancho

◆ CHILE PIQUÍN

De acuerdo a la Figura 13, la clasificación del chile piquín se realizó en base a los daños observados y las variaciones de colores en la superficie de los mismos, ya que por las características macroscópicas del chile los parámetros fijados en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006 no aplican a esta variedad, como se observa en la Figura 13, el 45.4% del chile piquín quedó clasificado como segunda calidad, pues los daños observados en la estructura no fueron significativos, el 23.0% fue clasificado como primera calidad, el 31.6% del chile piquín se clasificó en tercera calidad, pues los chiles presentaban ligeras manchas y deformaciones, además se observaron chiles muy rugosos con un color muy pálido.⁵³

<p>Primera calidad 23.0%</p> <p>◆ Chiles exentos de manchas en su estructura y sin presencia de daños físicos como deformación.</p>	
<p>Segunda calidad 45.4%</p> <p>◆ Chiles que presentaron ligera variación de color con respecto a los clasificados como segunda calidad y con ligeras manchas.</p>	
<p>Tercera calidad 31.6%</p> <p>◆ Chiles donde se observaron daños críticos en su estructura, como manchas provocando un color más pálido.</p>	

FIGURA 13. Chile Piquín

6.2 PORCENTAJES OBTENIDOS EN BASE A LA CLASIFICACIÓN DE CALIDAD DE LAS CUATRO VARIETADES DE CHILE SECO

En la Tabla 21, se reportan los muestreos realizados en las Centrales de Abasto, las cantidades que se obtuvieron de cada grado de calidad y los porcentajes de basuras que se encontraron durante los muestreos realizados en las Centrales de Abasto.

TABLA 21. Porcentajes obtenidos en base a la calidad de las cuatro variedades de chile seco.

Chile	Central	Muestreo	Total %	Basura %	% 1ra Calidad	\bar{X}	% 2da Calidad	\bar{X}	% 3ra Calidad	\bar{X}
GUAJILLO	E	1	76.0	24.0	19.7	18.8	48.4	51.2	31.9	30.0
		2	89.9	10.1	18.0		54.0		28.1	
	I	1	83.1	16.9	12.2	21.1	39.9	43.6	48.0	35.3
		2	73.5	26.5	30.1		47.3		22.6	
	T	1	90.0	10.0	22.6	21.6	53.0	52.7	24.4	25.7
		2	87.1	12.9	20.6		52.3		27.1	
	A	1	88.1	11.9	23.9	21.6	42.3	45.7	33.9	32.8
		2	85.9	14.1	19.3		49.0		31.7	
PASILLA	E	1	96.7	3.2	15.8	19.3	52.1	45.8	32.1	34.9
		2	77.1	22.9	22.8		39.5		37.6	
	I	1	93.7	6.4	24.8	20.3	60.4	50.6	14.7	29.1
		2	90.5	9.6	15.8		40.7		43.5	
	T	1	92.4	7.6	19.9	21.3	46.8	44.9	33.3	33.8
		2	82.2	17.8	22.7		42.9		34.4	
	A	1	86.1	14.0	20.3	21.3	43.6	44.9	36.1	33.8
		2	92.2	7.9	22.3		46.2		31.5	
ANCHO	E	1	75.7	24.3	25.8	24.4	46.3	46.0	27.9	29.6
		2	89.7	10.3	22.9		45.7		31.3	
	I	1	95.2	4.8	27.8	29.0	44.5	45.9	27.7	25.1
		2	73.5	26.5	30.1		47.3		22.6	
	T	1	75.4	24.6	35.3	27.9	43.7	35.2	20.9	36.8
		2	89.4	10.6	20.5		26.8		52.7	
	A	1	97.4	2.6	24.2	28.9	37.8	38.9	38.0	32.2
		2	74.8	25.2	33.7		39.9		26.4	
PIQUIN	E	1	91.8	8.2	18.4	17.4	54.4	57.3	27.3	25.3
		2	84.0	16.0	16.5		60.2		23.3	
	I	1	84.1	15.9	17.5	16.5	57.2	55.0	25.4	28.5
		2	77.8	22.2	15.6		52.8		31.6	
	T	1	85.6	14.4	21.0	20.2	53.2	53.4	25.8	26.4
		2	87.2	12.8	19.4		53.5		27.0	
	A	1	79.5	20.5	16.2	18.3	50.1	53.2	33.6	28.4
		2	87.6	12.4	20.3		56.2		23.5	

Como se observa en la Tabla 21. El chile guajillo de la Central de Abastos de Ecatepec del muestreo 2 tuvo el 54.0% clasificado en segunda calidad, debido a que el chile no presentó daños significativos en su estructura. El chile guajillo de Iztapalapa del muestreo 1, presentó el 48.0% clasificado como tercera calidad.

Solo el 30.1% del chile guajillo del muestreo 2 de Iztapalapa se clasificó en primera calidad, pues los daños que se observaron en la estructura del chile rebasaban los límites establecidos en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006 Productos alimenticios – chiles secos enteros (Guajillo, Ancho, Mulato, de Árbol, Puya y Pasilla) – parte 1 – Especificaciones y métodos de prueba.



Al realizar las medias del porcentaje de chile clasificado dentro de los tres grados de calidad, el chile guajillo clasificado como primera calidad fue el adquirido en Tultitlán y Atizapán al tener el 21.6%, sin embargo el 52.7% de chile de segunda calidad se obtuvo de Tultitlán y el 35.3% de chile clasificado en tercera calidad fue de la Central de Abasto de Iztapalapa.

En la Central de Iztapalapa tan solo el 24.8% de chile pasilla procedente del muestreo 1 se encontró en buenas condiciones, no presentó ningún tipo de daño en la estructura, clasificándose como primera calidad, el 60.4% del muestreo 1 fue clasificado en segunda calidad, siendo este el chile que presentó menor cantidad de daños en su estructura y el 43.5% de chile pasilla del muestreo 2, se clasificaron como tercera calidad, debido a que fueron chiles muy maltratados y con daños notorios como manchas en la estructura.

Al realizar las medias correspondientes de los porcentajes de chiles obtenidos en cada muestreo, la Central de Tultitlán y Atizapán tuvieron el 21.3% clasificado como primera calidad, la Central de Iztapalapa tuvo el 50.6% de chile clasificado como segunda calidad y el 34.9% de chile pasilla procedente de Ecatepec como tercera calidad.

Del chile ancho del muestreo 1 de Tultitlán se obtuvo el 35.3% clasificado en primera calidad, el 47.3% de chile ancho procedente del muestreo 2 de Iztapalapa se clasificó como segunda calidad y el 52.7% fue chile ancho más maltratado del segundo muestreo de Tultitlán clasificándose como tercera calidad.

Con respecto al chile ancho el 29.0% fue el mayor porcentaje obtenido de las medias realizadas del chile de primera, procedente de la Central de Abasto de Iztapalapa, el 46.0% del chile ancho procedente de Ecatepec se clasificó como segunda calidad y el 36.8% del chile ancho de Tultitlán fue tercera calidad.

El mayor porcentaje de chile piquín clasificado en primera calidad se obtuvo del muestreo 1 de Tultitlán al tener el 21.0%, el 60.2% de chile piquín del muestreo 2 de Ecatepec quedó clasificado como segunda calidad y el 33.6% del muestreo 1 de Atizapán como tercera calidad.

El chile piquín de Tultitlán tuvo el mayor porcentaje obtenido de las medias realizadas al tener el 20.2% en primera calidad, el mayor porcentaje de chile piquín clasificado como segunda calidad fue el de Ecatepec al tener el 57.3% y el 28.5% del chile piquín de Iztapalapa quedó clasificado como tercera calidad.

Cabe mencionar que todas las diferencias en cuanto a los porcentajes obtenidos de cada variedad de chile seco, variaron de acuerdo al muestreo y a la Central de Abastos de procedencia, pues las condiciones de limpieza y almacenamiento que se manejan en cada Central son diferentes, ninguna Central de Abasto controla las condiciones de almacenamiento de los chiles, en algunas el chile sufre daños físicos, que provocan el maltrato en la estructura de los mismos, por tal motivo los porcentajes obtenidos de cada variedad variaron.

En la Tabla 22. Se observa el promedio total de los porcentajes obtenidos de acuerdo a cada grado de calidad, de las cuatro variedades de chile seco.

TABLA 22. Porcentajes de la clasificación de calidad en las cuatro variedades de chile seco.

Chile	% Primera Calidad	% Segunda Calidad	% Tercera Calidad
Guajillo	20.8	48.3	30.9
Pasilla	20.6	46.5	32.9
Ancho	27.5	41.5	30.9
Piquín	23.0	45.4	31.6

En la tabla 22, se pueden observar los porcentajes obtenidos y clasificados dentro de cada grado de calidad de las cuatro variedades de chile seco, los chiles de primera calidad fueron aquellos exentos de daños físicos en la estructura, la variedad que presentó mayor porcentaje clasificado como primera calidad fue el chile ancho al tener el 27.5%, seguido del chile piquín, con el 23.0%, el 20.8 % de chile guajillo fue clasificado como primera calidad y solo el 20.6% de chile pasilla se clasificó de este grado de calidad.

Dentro de los chiles clasificados como segunda calidad, fueron aquellos que no presentaron daños físicos en su estructura, manchas, ni quemaduras en la superficie, el chile guajillo fue el que presentó un mayor porcentaje al tener el 48.3% clasificado como segunda calidad, del chile pasilla solo el 46.5% fue clasificado dentro de este grado de calidad, el 45.4% del chile piquín y el 41.5% del chile ancho se clasificó como segunda calidad.

Los chiles de tercera calidad presentaron manchas, quemaduras y deformaciones en las estructuras de los mismos, de estos el chile pasilla fue el que presentó el mayor porcentaje de chiles clasificados como tercera calidad al tener el 32.9%, de chile piquín el 31.6% se clasificó también como tercera calidad, del chile guajillo y del chile ancho se obtuvo el 30.9% clasificado dentro de este grado de calidad.



En la Tabla 22, se establecieron los grados de calidad de acuerdo a los daños físicos observados en las cuatro variedades de chile secos y en base a lo observado en la Tabla 21 (pag.76), donde se comparan los porcentajes de chiles que se clasificaron dentro de los tres grados de calidad de las cuatro Centrales de Abasto, se observa que todo varia de acuerdo a la Central de Abasto de procedencia y al muestreo que se realizó, pues las condiciones a las cuales se encontraba la materia prima, en este caso el chile seco no fueron las mismas en cada Central ni en cada muestreo, los daños que presentaron las variedades de chiles secos se observan en las figuras (10-13) de cada variedad (pag.72-75).

Los chiles secos adquiridos en las cuatro Centrales de Abasto fueron vendidos como primera calidad, pero al realizar la clasificación según la NMX-FF-107/1- SCFI-2006. Productos alimenticios – chiles secos enteros (Guajillo, Ancho, Mulato, de Árbol, Puya y Pasilla) – parte 1 – Especificaciones y métodos de prueba., se encontró que estaban mezclados los de primera, segunda y tercera calidad, en este trabajo se planteó trabajar con chiles de segunda calidad y al final del muestreo los resultados reportaron que el chile de segunda calidad fue el que predominó. Cabañas, 2004., reporta que el 50% de los chiles de segunda calidad son los que se utilizan en la elaboración de moles, el 50% restante se consume directamente y los chiles de tercera calidad o pintos son los que se destinan a la industria de colorantes y de salsas botaneras.

6.3 PORCIENTO DE HUMEDAD DE LAS CUATRO VARIEDADES DE CHILE SECO

Los resultados obtenidos de la determinación del contenido de humedad de las cuatro variedades de los chiles secos estudiados, se muestra en la Tabla 23, las determinaciones del contenido de humedad se realizaron por triplicado en cada uno de los muestreos realizados en las Centrales de Abasto, en base a lo establecido en el método de determinación de humedad por estufa.

Dentro de la Tabla 23, se reportan los resultados de los porcentajes de humedad obtenidos de las tres repeticiones que se realizaron en las cuatro variedades de chile seco, de acuerdo al muestreo realizado en cada Central de Abasto y se reportan las medias de las determinaciones de humedad en los chiles secos.

TABLA 23. Resultados del porcentaje de humedad en cada variedad de chile seco.

Chile	Muestreo	Muestra	Central	% H Rep 1	% H Rep 2	%H Rep 3	-- X
Guajillo	1	9	Tultitlán	12.44	12.30	12.10	
Guajillo	2	10	Tultitlán	12.25	12.10	12.85	12.34
Pasilla	1	11	Tultitlán	13.13	13.23	13.13	
Pasilla	2	12	Tultitlán	13.29	13.45	13.60	13.30
Ancho	1	13	Tultitlán	15.44	15.55	15.76	
Ancho	2	14	Tultitlán	15.50	15.36	15.27	15.48
Piquin	1	15	Tultitlán	7.12	7.06	6.99	
Piquin	2	16	Tultitlán	7.20	7.26	7.40	7.17
Guajillo	1	17	Iztapalapa	12.55	12.83	12.51	
Guajillo	2	18	Iztapalapa	12.52	12.29	12.80	12.58
Pasilla	1	19	Iztapalapa	13.60	14.30	13.20	
Pasilla	2	20	Iztapalapa	13.62	16.59	13.90	14.20
Ancho	1	21	Iztapalapa	13.18	13.06	13.15	
Ancho	2	22	Iztapalapa	13.20	13.59	13.76	13.32
Piquin	1	23	Iztapalapa	7.95	7.87	7.70	
Piquin	2	24	Iztapalapa	7.98	7.85	7.42	7.80
Guajillo	1	25	Ecatepec	11.12	10.85	10.80	
Guajillo	2	26	Ecatepec	10.98	10.85	11.05	10.94
Pasilla	1	27	Ecatepec	13.46	13.16	13.09	
Pasilla	2	28	Ecatepec	13.56	13.26	13.15	13.28
Ancho	1	29	Ecatepec	16.20	15.91	15.40	
Ancho	2	30	Ecatepec	16.30	16.45	15.95	16.04
Piquin	1	31	Ecatepec	7.04	6.75	6.61	
Piquin	2	32	Ecatepec	6.98	6.78	6.52	6.78
Guajillo	1	1	Atizapán	9.85	10.60	10.50	
Guajillo	2	2	Atizapán	10.20	9.97	10.42	10.26
Pasilla	1	3	Atizapán	12.80	12.50	12.50	
Pasilla	2	4	Atizapán	12.40	12.50	12.20	12.48
Ancho	1	5	Atizapán	13.40	13.10	13.60	
Ancho	2	6	Atizapán	13.50	13.60	13.80	13.50
Piquin	1	7	Atizapán	7.82	7.88	7.80	
Piquin	2	8	Atizapán	7.68	7.24	7.48	7.65

En la Tabla 23, se reportan los resultados obtenidos de las tres repeticiones y las medias de los resultados de las determinaciones de humedad de las cuatro variedades de chiles secos de segunda calidad en los muestreos de las cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana.

De acuerdo a los resultados reportados en la Tabla 23. En la Central de Abasto de Tultitlán, el chile que presentó el mayor porcentaje de humedad fue el chile ancho al tener 15.48% de humedad, valor que se encontró fuera del 12.5% como máximo de humedad establecido en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006. El chile piquín de Tultitlán fue el que presentó el menor porcentaje, al tener 7.17%. En la Central de Iztapalapa el chile que obtuvo mayor porcentaje de humedad fue el chile pasilla con 14.20%, valor que también se encuentra fuera del parámetro establecido en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006. El chile piquín de Iztapalapa nuevamente presentó el menor rango de humedad al tener solo el 7.80% de humedad.

En la Central de Abastos de Ecatepec los rangos de humedad se encontraron dentro de especificación a excepción del chile ancho, pues presentó el porcentaje de humedad más elevado, al tener 16.04% de humedad, el chile piquín tuvo el rango de humedad más bajo al tener 6.78% de humedad. El chile ancho de la Central de Atizapán presentó 13.5% de humedad, rango que se encuentra fuera de lo establecido en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.

En la Tabla 24. Se reportan los porcentos de humedad de acuerdo a la Central de procedencia de las variedades de chiles secos con las que se realizó la experimentación.

TABLA 24. Porcentaje de humedad del chile seco en cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana.

Chile	Central	% H
Guajillo	Tultitlán	12.34
	Iztapalapa	12.58
	Ecatepec	10.94
	Atizapán	10.26
Pasilla	Tultitlán	13.30
	Iztapalapa	14.20
	Ecatepec	13.28
	Atizapán	12.48
Ancho	Tultitlán	15.48
	Iztapalapa	13.32
	Ecatepec	16.04
	Atizapán	13.50
Piquín	Tultitlán	7.17
	Iztapalapa	7.80
	Ecatepec	6.78
	Atizapán	7.65



De acuerdo a lo comparado en la Tabla 24, se puede observar que el chile guajillo presentó alto contenido de humedad en la Central de Iztapalapa, al tener 12.58%, seguido del chile de Tultitlán con 12.34%, Ecatepec con 10.94% y Atizapán con 10.26%, todos los rangos de humedad de esta variedad se encontraron dentro de lo especificado en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, donde se establece 13.5% como nivel máximo de porcentaje de humedad. Las diferencias observadas en los rangos de humedad pueden deberse a las condiciones de almacenamiento que se manejaba en cada Central de Abastos.

El chile pasilla de Iztapalapa se encontró fuera de especificaciones al tener 14.20% de humedad, puesto que el rango máximo permitido es 13.5% establecido en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, el chile pasilla de Tultitlán presentó 13.30% de humedad de seguido del chile de Ecatepec con 13.28% y el chile pasilla de Atizapán con el 12.48% de humedad, rangos que se encuentran dentro de especificaciones.

El chile en el cuál se puede notar mayor diferencia en cuanto a los porcentajes de humedad y los rangos especificados por norma es el chile ancho, ya que los porcentajes de humedad de las cuatro Centrales de Abasto se encontraron fuera de especificaciones Tabla 24 (pag.81), la norma establece un 12.5% máximo de humedad en chile ancho, sin embargo el chile que presentó el porcentaje más elevado de humedad fue el de Ecatepec al tener el 16.04% de humedad, seguido del chile proveniente de Tultitlán con 15.48%, en la Central de Atizapán se tuvo 13.5% de humedad, y el chile ancho de Iztapalapa presentó un rango más bajo de humedad al tener 13.32%, encontrándose aun así fuera de especificaciones.

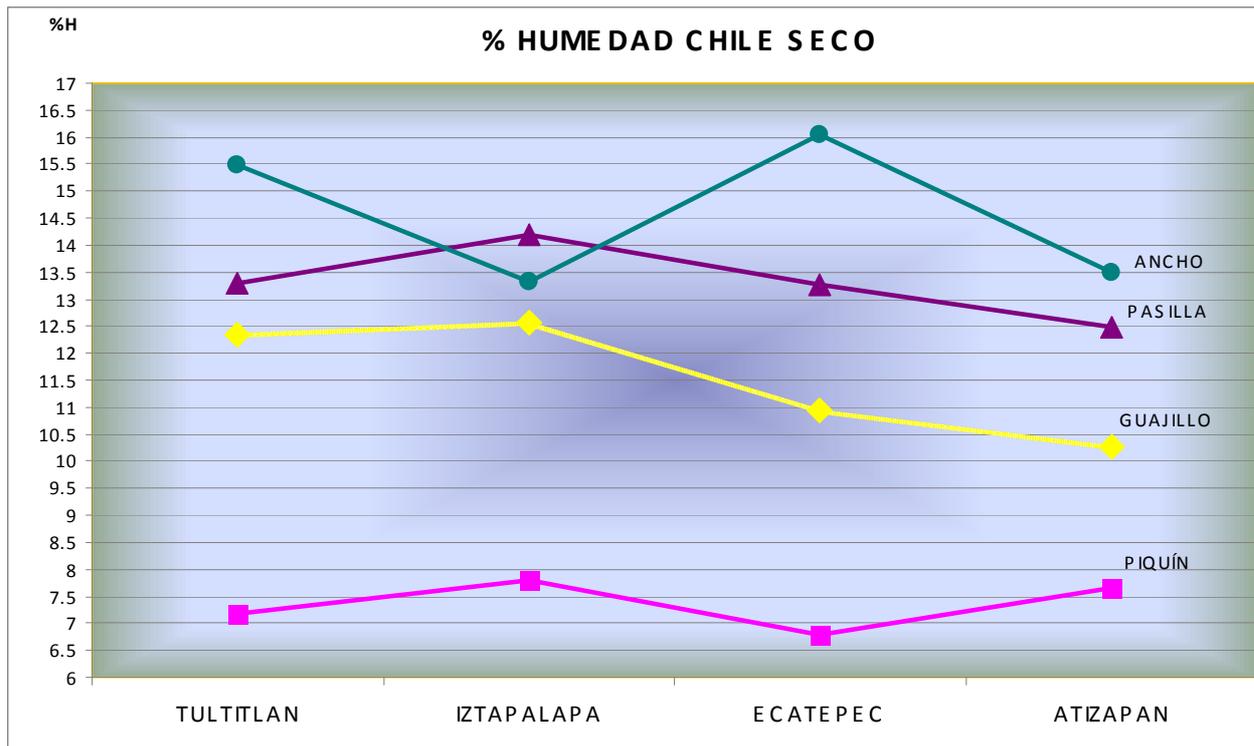
De las cuatro variedades de chile seco, el que presentó el rango más bajos de humedad fue el chile piquín, los valores de humedad oscilaron de 6.78 a 7.80%, cabe mencionar que la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, no establece parámetros en cuanto al contenido de humedad del chile piquín. El chile de la Central de Iztapalapa tuvo 7.80% de humedad seguido del chile de Atizapán con el 7.65%, el chile piquín de Tultitlán tuvo 7.17% y al final el chile proveniente de la Central de Ecatepec con 6.78% de humedad.

En la Tabla 24 (pag.81), se observó que las tres variedades de chile seco que presentaron los mayores porcentajes de humedad, provenían de la Central de Iztapalapa, por los resultados obtenidos se puede decir que las condiciones de almacenamiento que se manejan son favorables para que haya proliferación de microorganismos, por lo cuál se esperarían mayor contaminación por hongos toxigénicos al momento de realizar la identificación de la flora micótica.



En el Gráfico 4. Se observan los porcentos de humedad de las cuatro variedades de chile seco y la Central de Abasto de procedencia de cada variedad, como se observa en el gráfico el chile ancho está muy por arriba en el porcentaje de humedad comparado con el de las otras variedades, por ejemplo el chile piquín no rebasó el 8.0% de humedad, el chile guajillo de Tultitlán e Iztapalapa son los que llegan al 12.0% de humedad.

GRAFICO 4. Resultados del porciento de Humedad en el chile seco.



En el gráfico 4, se puede observar el comparativo de los porcentos de humedad de las cuatro variedades de chiles secos y de las Centrales de procedencia, por ejemplo el chile piquín es el que muestra menor diferencia significativa, ya que el porciento de humedad oscila entre 6.8-7.8%, a diferencia del chile ancho que va del rango de 13.50% en la Central de Atizapán a 16.04% en Ecatepec, el chile guajillo de Iztapalapa presentó el rango más alto de humedad al tener 12.58% a diferencia del 10.26% del chile guajillo de Atizapán, o el chile pasilla de Tultitlán con 14.20% de humedad, como se puede observar en la Central de Abasto de Atizapán se encontraron los chiles con los menores porcentajes de humedad, se tiene que controlar la humedad en los chiles, ya que es un factor crítico para evitar la contaminación por microorganismos y la proliferación de micotoxinas, que terminan afectando la calidad e inocuidad de los mismos.

6.4 ANALISIS ESTADISTICO (ANOVA) PARA EL PORCENTAJE DE HUMEDAD

Al finalizar con las determinaciones del porcentaje de humedad se realizó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) a un nivel de significancia del 95% para observar si existía diferencia significativa en el contenido de humedad entre las muestras que se analizaron, se planteo una hipótesis H_0 tendría que decir que los resultados de las determinaciones del porcentaje de humedad de los chiles secos eran iguales en todas las Centrales de Abasto donde se realizó el muestreo.

En la Tabla 25, se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico (ANOVA), que se realizó para ver si existía diferencia significativa en el contenido de humedad de las cuatro variedades de chiles secos.

TABLA 25. Análisis de varianza (ANOVA) porcentaje de Humedad de las cuatro variedades de Chile seco.

Chile	F.V	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados de medias	Fisher calculada	α	Fisher teorica	criterio	Decisión
Guajillo	Factor (centrales)	22.3987	4-1 = 3	7.4662	19.7215	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	$F_c > F_t$	Ho se rechaza
	Error	1.1357	24-4= 20	0.3785					
	Total	23.5344	24-1= 23						
Pasilla	Factor (centrales)	8.8748	4-1 = 3	2.9582	1.1023	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	$F_t > F_c$	Ho se acepta
	Error	8.0505	24-4= 20	2.6835					
	Total	16.9254	24-1= 23						
Ancho	Factor (centrales)	34.0353	4-1 = 3	11.3451	22.4435	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	$F_c > F_t$	Ho se rechaza
	Error	1.5164	24-4= 20	0.5054					
	Total	35.5517	24-1= 23						
Piquín	Factor (centrales)	3.8683	4-1 = 3	1.2894	4.6459	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	$F_t > F_c$	Ho se acepta
	Error	0.8326	24-4= 20	0.2775					
	Total	4.7009	24-1= 23						

Cabe mencionar que dentro del análisis estadístico para el Chile Guajillo (Tabla 25), se observa que el criterio F_c es mayor a la F_t , por lo que se rechaza la hipótesis planteada de que el porcentaje de humedad es igual en todas las Centrales.

Con respecto al Chile Pasilla, se acepta la hipótesis planteada y no existe diferencia significativa entre las humedades del Chile Pasilla con respecto al tipo de Central de procedencia, tal como se observa en la Tabla 24 (pag.81).

En el Chile Ancho se rechaza nuevamente la hipótesis planteada, ya que el porcentaje de humedad del Chile Ancho es diferente en todas las Centrales de Abasto donde se realizó el muestreo del Chile seco (Tabla 24, pag.81), los resultados obtenidos del porcentaje de humedad variaron en cada una de las Centrales, donde se realizó el muestreo de los Chile.

En el chile piquín nuevamente se vuelve a aceptar la hipótesis de que todos los resultados obtenidos de la determinación de humedad no varían significativamente con respecto a la Central de procedencia.

En la Tabla 26. Se muestra el resumen de los resultados obtenidos de las determinaciones de humedad comparados con los resultados del análisis estadístico ANOVA realizado.

TABLA 26. Resumen de los resultados del análisis estadístico ANOVA.

Chile/Central	Tultitlán	Iztapalapa	Ecatepec	Atizapán
Guajillo	12.34 ^a	12.58 ^a	10.94 ^b	10.26 ^b
Pasilla	13.30 ^a	14.20 ^a	13.28 ^a	12.48 ^a
Ancho	15.48	13.32	16.04	13.50
Piquín	7.17 ^a	7.80 ^a	6.78 ^a	7.65 ^a

En la Tabla 26. Se pueden observar los resultados obtenidos de las determinaciones de humedad comparados con los resultados estadísticos realizados a las cuatro variedades de chiles secos, con lo que respecta al chile guajillo el porcentaje de humedad de Ecatepec y Atizapán son iguales entre si, pero diferentes a las demás Centrales y el porcentaje de humedad de Iztapalapa y Tultitlán son iguales entre si y diferentes a las demás Centrales.

De acuerdo al análisis estadístico realizado para el chile pasilla y el chile piquín, no existe diferencia significativa en los porcentos de humedad de cada Central, aunque observando los datos, se notan variaciones mínimas en los valores de humedad.

En el chile ancho, se observa que los resultados de las determinaciones del porcentaje de humedad varían notoriamente y al realizar el análisis estadístico, se concluye que existe diferencia significativa en todos los resultados, por lo que las humedades en todas las Centrales son diferentes.

En la Tabla 27, se reportan los límites máximos de humedad permitidos establecidos en base a la NMX-FF-107/ 1-SCFI-2006, para las tres variedades de chile seco que se estudiaron.

TABLA 27. Límites máximos permitidos en base a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006.

Contenido de humedad % (m/m) máximo	
Ancho	12.5
Pasilla	13.5
Guajillo	13.5

FUENTE: NMX-FF-107/1- SCFI-2006025-1982. Productos alimenticios – chiles secos enteros (Guajillo, Ancho, Mulato, de Árbol, Puya y Pasilla) – parte 1 – Especificaciones y métodos de prueba. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento Industrial. México, D.F.

En base a los resultados obtenidos del porcentaje de humedad de las cuatro variedades de chiles secos reportadas en la Tabla 24 (pag.81) y a lo visto en el Gráfico 4 (pag.83), se puede concluir que el chile guajillo de Iztapalapa fue el que presentó un porcentaje de humedad más elevado dentro de las cuatro Centrales al tener 12.58%, sin rebasar el límite establecido por normatividad, por lo cuál no se esperaba la proliferación de hongos y micotoxinas en el chile guajillo.

El chile pasilla de la Central de Iztapalapa fue el único que rebasó el límite máximo de 13.5% de humedad establecido por norma al tener 14.20% de humedad (Tabla 24, pag.81), el chile pasilla de Iztapalapa va a ser más propenso a la proliferación de microorganismos (hongos toxigénicos), lo que podría indicar la presencia de micotoxinas dentro de esta variedad de chile.

La misma situación no se presentó en el chile ancho, pues las cuatro Centrales de Abasto rebasaron el 13.5% de humedad establecido en la norma, esto lo podemos ver con el chile ancho de Ecatepec que presentó un rango de 16.04%, por lo cuál se esperaba que este chile tuviera una mayor contaminación y proliferación por hongos y liberación de micotoxinas, debido a que el contenido de humedad y el almacenamiento de los chiles secos son factores importantes para la producción de micotoxinas como lo menciona Moreno, 1991.

6.5 IDENTIFICACIÓN DE FLORA MICOTICA EN LAS CUATRO VARIEDADES DE CHILE SECO

◆ CHILE GUAJILLO

Como se observa en la Figura 14, se muestran los principales hongos identificados durante la experimentación en las cuatro variedades de chile seco de segunda calidad de chile guajillo procedentes de los muestreos realizados en las cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana.

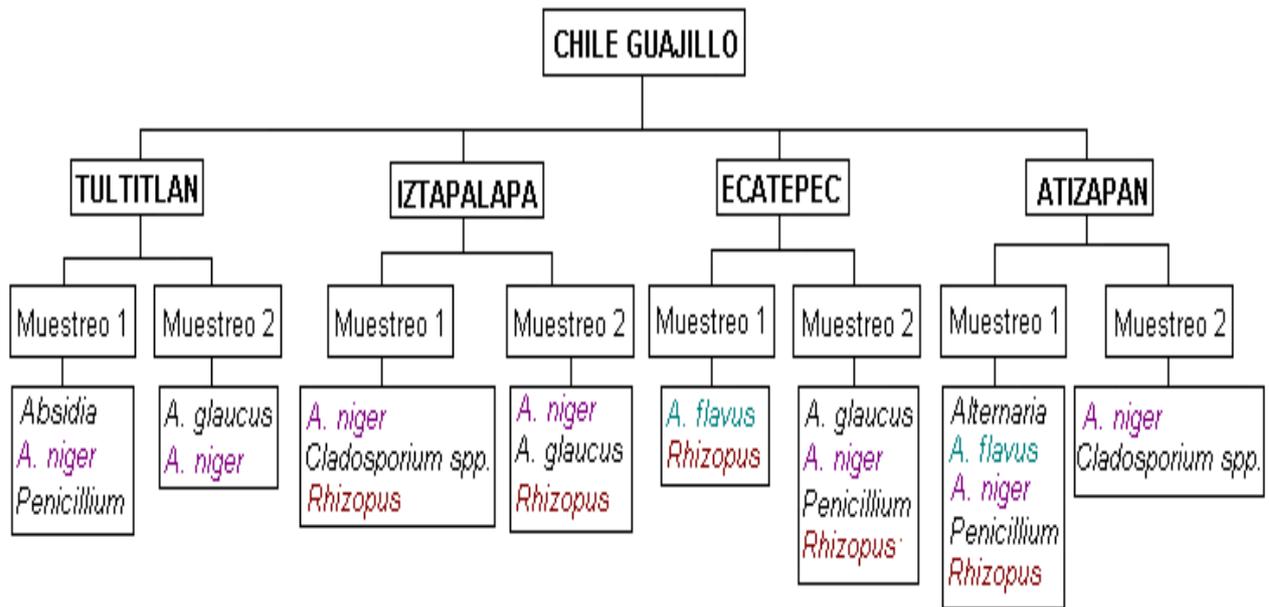


FIGURA 14. Hongos identificados en Chile Guajillo

En la Figura 14, se observa que en todas las Centrales se identificaron hongos de campo como *Alternaria* en Atizapán, *Cladosporium* en Iztapalapa y el *A. Níger* que es un hongo de deterioro avanzado, se presentó en todas las Centrales de Abasto a excepción del muestreo 1 de la Central de Ecatepec, hongo presente por los rangos de humedad que se tuvieron en los chiles procedentes de las cuatro Centrales de Abasto (Tabla 24, pag.81).

El *Rhizophus* solo se identificó en los muestreos de Iztapalapa, Ecatepec y en uno de Atizapán, con lo que se puede determinar el mal manejo del chile y malas condiciones de almacenamiento, ya que Montes, 2004 y Alexopoulos, 1985., mencionan que el *Rhizophus* es un hongo de suelo que se presenta por malas condiciones de almacenamiento.

El *Aspergillus flavus* solo se presentó en uno de los muestreos de las Centrales de Abasto de Ecatepec y Atizapán, por lo cuál se esperaría que el chile guajillo de esas Centrales tuviera presencia de micotoxinas (aflatoxinas), debido a que es un hongo de almacén, al igual que el *A. glaucus*, presente en Tultitlán, Iztapalapa y Ecatepec.

CHILE PASILLA

En el caso del chile pasilla de segunda calidad (Figura.15) se observan los principales hongos identificados en los muestreos realizados en cada Central de Abasto.

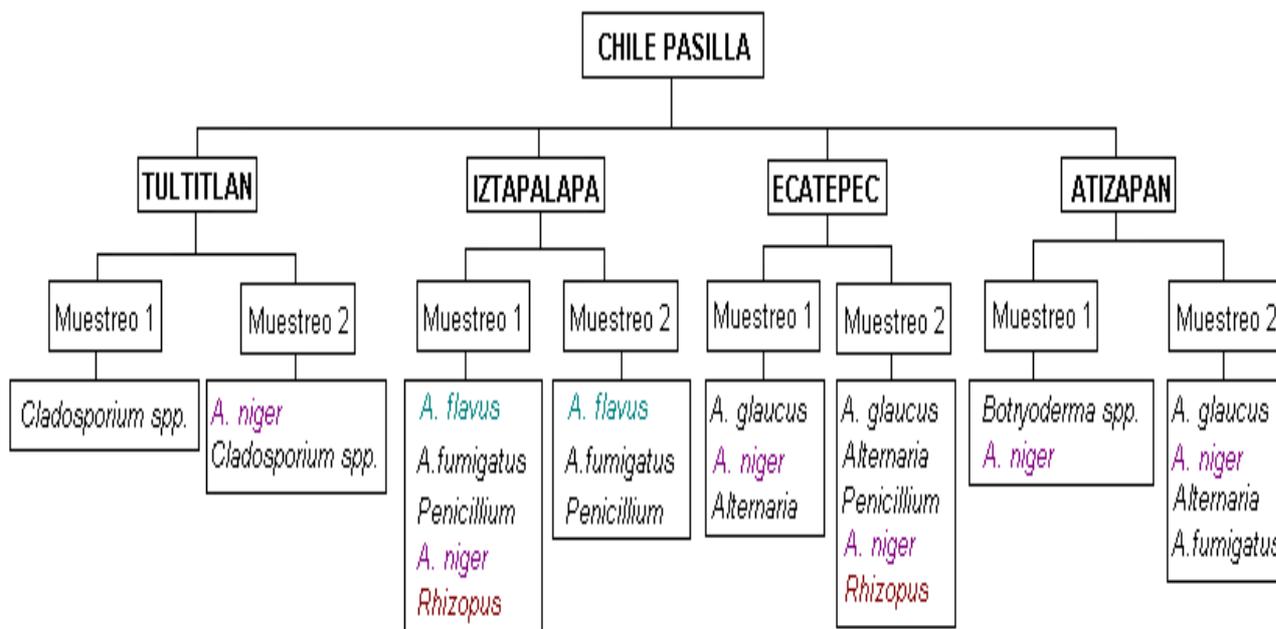


FIGURA 15. Hongos identificados en chile Pasilla

Durante la experimentación e identificación de los hongos en el chile pasilla al igual que en el guajillo se observó el crecimiento del *A. niger* en las cuatro Centrales de Abasto y solo en un muestreo de Tultitlán e Iztapalapa, este hongo se presenta debido a los altos contenidos de humedad que presentaron las variedades de chile pasilla procedente de las cuatro Centrales de Abasto, el chile pasilla de Iztapalapa tuvo 14.20% (Tabla 24, pag.81), la humedad fue factor importante para la proliferación del *A. niger*, sin embargo el *Rhizopus* que es un hongo de deterioro avanzado clasificado por Christensen y Sauer, 1982., solo se identificó en uno de los muestreos realizados en la Central de Abasto de Iztapalapa y Ecatepec, debido a las malas condiciones de almacenamiento de los chiles (Montes, 2004).

En los chiles procedentes de Tultitlán y Atizapán, no se observó el crecimiento del *Aspergillus flavus* durante la identificación de la microflora micótica (Silvestre 1998 y Moreno 1991), este hongo no es un indicador de la presencia de aflatoxinas, ya que el mismo *A. flavus* pudo haber producido las aflatoxinas y después por condiciones ambientales adversas y por el transcurso del periodo de almacenamiento, el hongo desapareció.

CHILE ANCHO

En la Figura 16, se observan los hongos identificados en el chile ancho de segunda calidad, de los muestreos realizados en las cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana.

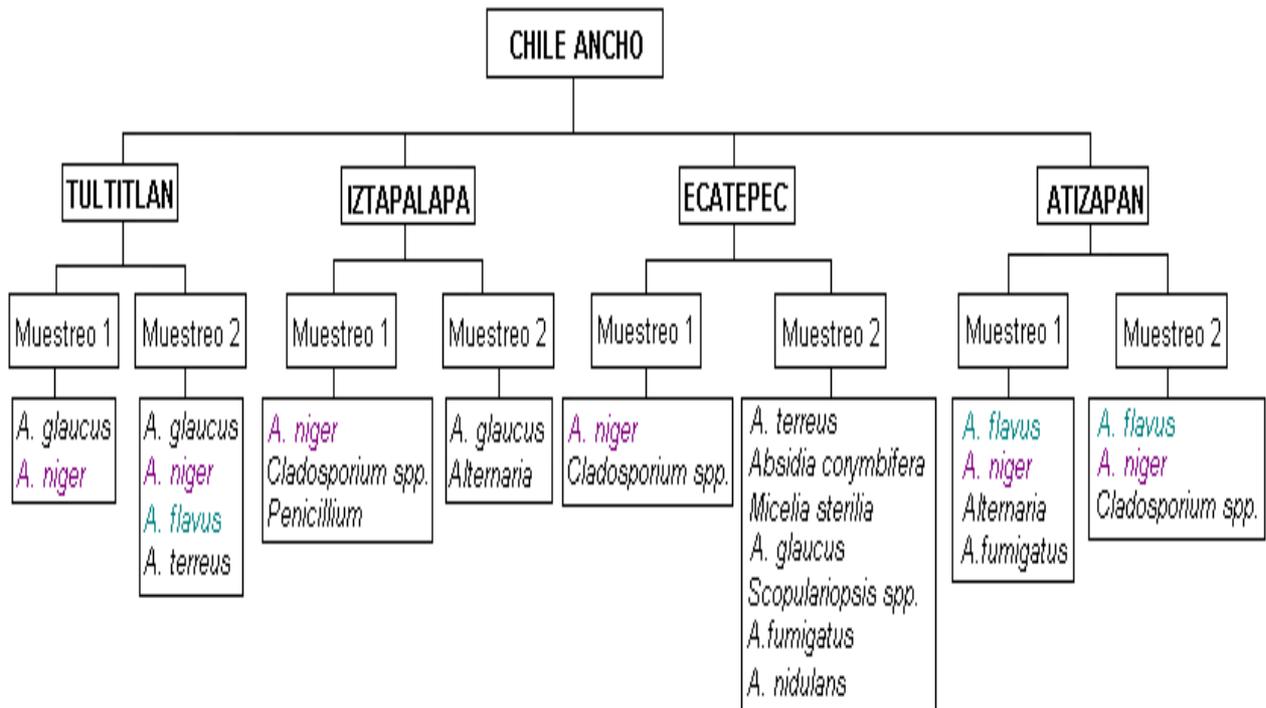


FIGURA 16. Hongos identificados en chile Ancho

En el chile ancho de las cuatro Centrales de Abasto era de esperarse la presencia del *A. niger* debido a los porcentajes de humedad tan elevados que presentaron los chiles de segunda calidad, todos rebasaron los niveles máximos establecidos en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006. Por ejemplo como se observa en la Figura 16, en los muestreos que se realizaron en las cuatro Centrales de Abasto se tuvo la presencia de *A. niger* a excepción de un muestreo de Iztapalapa y Ecatepec.

El *A. flavus*, uno de los principales hongos de almacén, solo estuvo presente en las Centrales de Abasto de Tultitlán y Atizapán, por lo cuál es de esperarse la presencia de micotoxinas (aflatoxinas) en el chile ancho procedente de Tultitlán y Atizapán, lo que sirve para concluir que las condiciones a las cuales es almacenado el chile ancho en las Centrales es inadecuado.

El *Rhizopus*, no se presentó en ningún muestreo de chile ancho, pero se tuvo la presencia del *A. fumigatus* y del *A. niger*, hongos que también se encuentran dentro de la clasificación de Christensen y Sauer 1982, como principales hongos de deterioro avanzado, se puede concluir que en las Centrales de Abasto donde se realizaron los muestreos del chile ancho no cumplieron con las condiciones de limpieza y manejo adecuadas.

◆ CHILE PIQUÍN

Dentro de la variedad de chile piquín (Figura 17), se observa la presencia de *A. niger* en las cuatro Centrales de Abasto, debido a los rangos de humedad presentes en esta variedad (Tabla 24, pag.81), cabe mencionar que no se tiene un parámetro establecido por norma que establezca cuál es el nivel máximo permitido de porcentaje de humedad para la variedad de chile piquín.

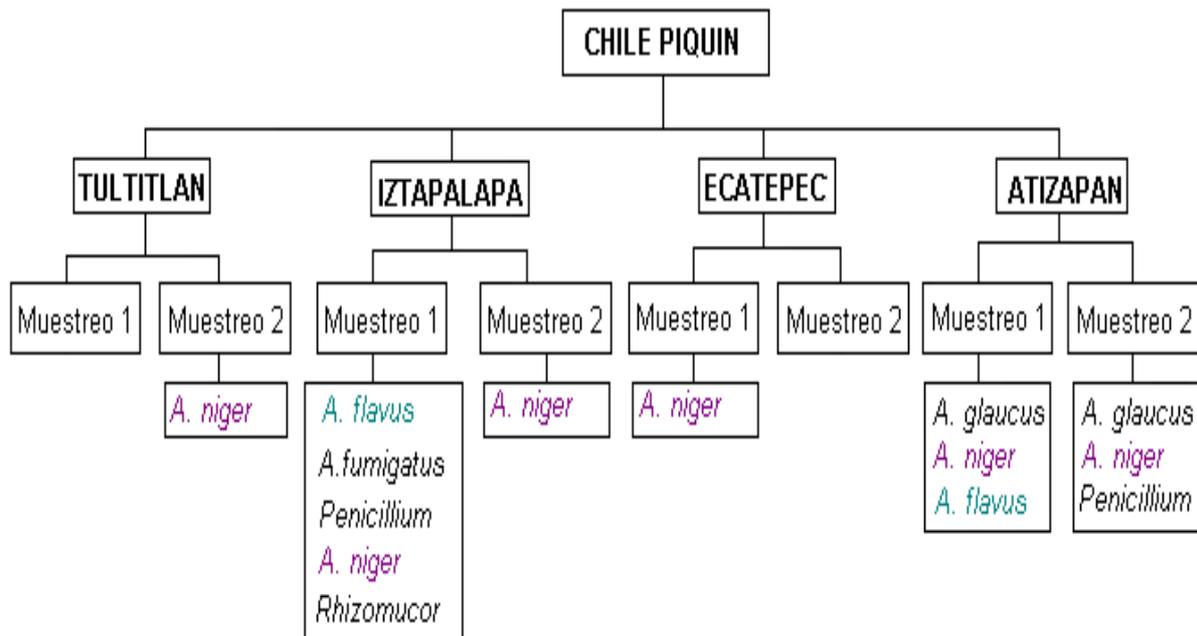


FIGURA 17. Hongos identificados en chile Piquín

En la Figura 17, se observa que el *A. flavus* se identificó en un muestreo de la Central de Iztapalapa y en un muestreo de Atizapán, por lo que se espera presencia de aflatoxinas en las muestras provenientes de estas Centrales, el *A. glaucus* se presentó en los muestreos realizados en la Central de Atizapán. El *Penicillium* fue identificado en un muestreo de la Central de Iztapalapa y en un muestreo de Atizapán.

En la literatura Moreno, 1991., reporta que el género *Aspergillus* se caracteriza por no requerir agua libre para su desarrollo, ya que algunas especies pueden hacerlo en productos con una actividad acuosa muy baja (0.70), como es el caso del chile, que es un alimento seco, por lo cuál su aw oscila entre 0.6 – 0.85 (Fenemma, 2000.), Moreno,1993., reporta que las aflatoxinas para su crecimiento requiere un aw de 0.7, por tal se tuvo presencia de este hongo que es el principal productor de aflatoxinas en todos los chiles secos provenientes de las cuatro Centrales de Abasto donde se realizó el estudio.



De los hongos identificados durante el trabajo experimental, cabe mencionar que se observó el crecimiento de hongos de campo como el *Cladosporium*, hongos de almacén *A. flavus* y *Penicillium*, que crecen en productos con contenidos de humedad arriba del 13.5% y hongos de deterioro avanzado como el *Rhizopus* y el *A. niger*, en base a lo que establece Christensen y Sauer, 1982., en su clasificación, son hongos que crecen bajo ciertas condiciones de humedad, lo cuál lleva a pensar que la contaminación con hongos toxigénicos (*A. flavus*), pudo ocurrir desde el campo antes o después de la cosecha, durante el transporte y almacenamiento de los chiles, tal como lo reporta Urrego, 2006 y Soriano, 2007., factor por el cuál se puede decir que los hongos de campo, de almacén y de deterioro avanzado invadieron de manera significativa las cuatro variedades de chile seco.

Lo anterior concuerda con el trabajo de Vargas, 2006., quien evaluó la micobiota en chiles secos de tercera calidad, encontrando las mismas especies identificadas en las tres variedades de chile seco con las que realizó el estudio, por lo que se podría decir que el problema principal de contaminación en los chiles parte del mal manejo que se tiene desde la deshidratación que básicamente se realiza en el suelo por sol, seguido de las condiciones de almacenamiento.

6.6 CUANTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS

La cuantificación de aflatoxinas se realizó mediante el método de columnas de inmovilización Aflatest que permiten la medición de todas las micotoxinas importantes, incluyendo las aflatoxinas (B_1 , B_2 , G_1 , y G_2), sin utilizar solventes tóxicos como cloroformo o cloruro de metileno, es un método cuantitativo rápido, simple, seguro y preciso.⁷¹

En la Tabla 28, se muestran los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas, se reportan las tres repeticiones que se realizaron y la media de las mismas.

TABLA 28. Datos obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas en el chile Guajillo.

	No. Muestreo	No. Muestra	Central	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
				Base Húmeda (ppb)	Base Húmeda (ppb)	Base Húmeda (ppb)	
Guajillo	1	9	Tultitlán	4,5	3,8	4,2	4,17
	2	10	Tultitlán	9,4	9,2	9,3	9,30
	1	17	Iztapalapa	5,1	4,3	4,7	4,70
	2	18	Iztapalapa	8	8,1	8	8,03
	1	25	Ecatepec	5,9	5	5,5	5,47
	2	26	Ecatepec	4,4	5	4,7	4,70
	1	1	Atizapán	2,5	2,6	2,55	2,55
	2	2	Atizapán	2,8	2,7	2,75	2,75
Pasilla	1	11	Tultitlán	3	3,1	3,05	3,05
	2	12	Tultitlán	4,6	4,7	4,5	4,60
	1	19	Iztapalapa	6,6	6,6	6,6	6,60
	2	20	Iztapalapa	6,7	6,4	6,5	6,53
	1	27	Ecatepec	3,6	3,9	3,75	3,75
	2	28	Ecatepec	6,6	7,4	7	7,00
	1	3	Atizapán	4	4,5	4,3	4,27
	2	4	Atizapán	3,9	3,7	3,8	3,80
Ancho	1	13	Tultitlán	7,9	7	7,45	7,45
	2	14	Tultitlán	10	9	9,5	9,50
	1	21	Iztapalapa	9,5	10	9,7	9,73
	2	22	Iztapalapa	5,2	6,3	5,75	5,75
	1	29	Ecatepec	5,5	6,2	5,9	5,87
	2	30	Ecatepec	7,2	5,9	6,55	6,55
	1	5	Atizapán	3,6	4	3,8	3,80
	2	6	Atizapán	8	7,2	7,6	7,60
Piquin	1	15	Tultitlán	5,7	5	5,4	5,37
	2	16	Tultitlán	5,6	5,2	5,4	5,40
	1	23	Iztapalapa	6	5,8	5,9	5,90
	2	24	Iztapalapa	3,9	3,4	3,65	3,65
	1	31	Ecatepec	4,6	4,5	4,6	4,57
	2	32	Ecatepec	9,9	8,1	9	9,00
	1	7	Atizapán	4	4,5	4,3	4,27
	2	8	Atizapán	6,9	7,2	7	7,03

En la Tabla 28, se observan que los promedios obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas del chile guajillo de segunda calidad en las cuatro Centrales de Abasto con las que se trabajaron, la concentración de aflatoxinas oscilo de 2.55 a 9.30 ppb, siendo el chile guajillo del segundo muestreo de Tultitlán con la mayor concentración de aflatoxinas al tener 9.30 ppb y el chile guajillo de Atizapán del primer muestreo con la menor concentración de aflatoxinas al tener 2.55 ppb, cabe mencionar que las concentraciones de aflatoxinas variaron dependiendo de la Central de origen, pues las condiciones de almacenamiento de los chiles fueron variables en cada muestreo que se realizó.



En base a la Figura 14 (pag.87), de acuerdo a los hongos identificados en el chile guajillo, la Central de Ecatepec y Atizapán eran las más susceptibles a la contaminación con aflatoxinas, por tener identificados al *A.flavus*, pero como se observó en la Tabla 28 (pag.92), el chile guajillo de las cuatro Centrales tuvo la presencia de aflatoxinas, sin importar que durante la identificación, el hongo creció, produjo la toxina y al no haber condiciones favorables para su desarrollo murió solo dejando la toxina.

En la central de Ecatepec se tuvo una concentración muy baja que oscilaba entre 4.70 y 5.47 ppb y en el caso del chile guajillo de segunda calidad de la Central de Atizapán el rango de aflatoxinas se encontró entre 2.55 y 2.75 ppb. Tabla 28 (pag.92).

En el caso del chile pasilla de segunda calidad la concentración de aflatoxinas se encontró de 3.05 a 7.0 ppb Tabla 28, siendo el chile pasilla de la Central de Ecatepec el que tuvo la mayor concentración de aflatoxinas, al tener 7.0 ppb y el chile pasilla de Tultitlán con 3.05 ppb, fue el que presentó la menor concentración.

En base a la Figura 15 (pag.88), la concentración de aflatoxinas debió haber sido mucho mayor en el chile de la Central de Iztapalapa, pues en esta se identificó la presencia de *A. flavus*, aunque las concentraciones no estuvieron tan bajas, puesto que se encontraron en el rango de 6.53 a 6.60 ppb, en el caso del chile pasilla de las otras Centrales de abasto la concentración fue relativamente menor en comparación de Ecatepec e Iztapalapa.

En la Tabla 28 (pag.92), se presenta el resumen de las concentraciones de aflatoxinas que se obtuvieron al realizar la cuantificación, el chile ancho de segunda calidad de Iztapalapa tuvo la mayor concentración de aflatoxinas al tener 9.73 ppb, siendo el chile de la Central de Atizapán donde se cuantificara la menor concentración al tener solo 3.80 ppb, una de las concentraciones más bajas. En el caso del chile ancho no fue muy notoria la presencia de aflatoxinas de acuerdo a los hongos identificados en la Central de Atizapán y de Tultitlán (Figura 16, pag.89), Centrales en las cuales se tuvo la presencia del *A. flavus*.

Con respecto a la cuantificación de aflatoxinas en la variedad del chile piquín, las concentraciones no variaron significativamente, a excepción del chile piquín de la Central de Ecatepec al tener la mayor concentración de aflatoxinas con 9.0 ppb, nuevamente dentro de la identificación de hongos no se identificó el *A. flavus* en la Central de Ecatepec, solo en la Central de Atizapán e Iztapalapa (Figura 17, pag.90), Centrales en las que las concentraciones de aflatoxinas no variaron significativamente, con respecto a la Central de Ecatepec.

En la Tabla 29, se presenta el promedio de la cuantificación de aflatoxinas de las cuatro Centrales de Abasto obtenidas mediante la cuantificación de aflatoxinas que se realizó por el método de columnas de inmunoafinidad Aflatest.

TABLA 29. Cuantificación de aflatoxinas en las cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana.

Chile	Central	Promedio total
Guajillo	Tultitlán	6.74
	Iztapalapa	6.37
	Ecatepec	5.09
	Atizapán	2.65
Pasilla	Tultitlán	3.83
	Iztapalapa	6.57
	Ecatepec	5.38
	Atizapán	4.04
Ancho	Tultitlán	8.48
	Iztapalapa	7.74
	Ecatepec	6.21
	Atizapán	5.7
Piquín	Tultitlán	5.39
	Iztapalapa	4.78
	Ecatepec	6.79
	Atizapán	5.65

Con respecto a los promedios obtenidos por Centrales de la cuantificación de aflatoxinas, se puede observar en la Tabla 29, que el chile guajillo de Tultitlán presentó la mayor concentración de aflatoxinas al tener 6.74 ppb, seguido de la Central de Iztapalapa con 6.37 ppb, Ecatepec con 5.09 y Atizapán con 2.65 ppb, fue la Central con la menor concentración de aflatoxinas.

El chile pasilla tuvo concentraciones más altas en la Central de Iztapalapa con 6.57 ppb y Ecatepec con 5.38ppb, Atizapán son 4.04 ppb, fue una de las Centrales con menores concentraciones de micotoxinas (aflatoxinas) en el chile, seguido del chile pasilla de Tultitlán con 3.83 ppb.

El chile ancho presentó las concentraciones más altas de aflatoxinas, al tener en la Central de Tultitlán 8.48 ppb, seguido del chile de Iztapalapa con 7.74 ppb, Ecatepec con 6.21 ppb y al final el chile de Atizapán tuvo una concentración no tan baja de 5.7 ppb, variaciones que se debieron a las posibles condiciones de almacenamiento que se manejaron en las Centrales de Abasto.

En el chile piquín de Ecatepec se cuantificó la mayor concentración de aflatoxinas al tener 6.79 ppb, seguida de la Central de Abasto de Atizapán con 5.65 ppb, Tultitlan con 5.39 ppb y el chile piquín de la Central de Iztapalapa reporto la menor concentración de aflatoxinas al tener solo 4.78 ppb.

Con respecto a los resultados reportados en la Tabla 29, se tuvo presencia de aflatoxinas, no solo en chiles donde se identificó *Aspergillus flavus*, que es el principal hongo productor de micotoxinas, siendo las sustancias carcinogénicas más potentes hasta ahora conocidas afectando principalmente al hígado como esta reportado en la literatura por Moreno,1991., sino también en todos aquellos donde no hubo presencia del género productor.

La Food and Agriculture Organization (FAO) estima que más de un 25% de la producción de cereales en el mundo está contaminada con hongos toxigénicos productores de micotoxinas. La mayoría de estos hongos producen sus toxinas cuando las condiciones son favorables para ello, por lo que la concentración de las micotoxinas en cereales es variable y esporádica debido a las condiciones climáticas y de almacenamiento que se manejan en cada zona geográfica; claro ejemplo, se refleja en la variación de los resultados de la cuantificación de aflatoxinas en las cuatro variedades de chiles secos procedentes de las diferentes Centrales de Abastos con las que se trabajó durante la experimentación.

6.7 ANALISIS ESTADISTICO (ANOVA) PARA CUANTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS

Al finalizar con la cuantificación de aflatoxinas se realizó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) para observar si existía diferencia significativa de los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas en las muestras de chile seco que se analizaron. Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 30.

TABLA 30. Analisis de varianza (ANOVA) para la cuantificación de aflatoxinas.

Chile	F.V	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados de medias	Fisher calculada	α	Fisher teórica	critério	Decisión
Guajillo	Factor (centrales)	61.3683	4-1 = 3	20.4561	1.0521	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	Ft > Fc	Ho se acepta
	Error	58.325	24-4= 20	19.4416					
	Total	119.6933	24-1= 23						
Pasilla	Factor (centrales)	29.4008	4-1 = 3	9.8002	1.4437	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	Ft > Fc	Ho se acepta
	Error	20.3641	24-4= 20	6.7880					
	Total	49.765	24-1= 23						
Ancho	Factor (centrales)	30.2311	4-1 = 3	10.0770	0.5437	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	Ft > Fc	Ho se acepta
	Error	55.5929	24-4= 20	18.5309					
	Total	85.8240	24-1= 23						
Piquín	Factor (centrales)	12.7269	4-1 = 3	4.2423	0.2503	0.01	$F_{3,20,0.01} = 4.94$	Ft > Fc	Ho se acepta
	Error	50.8304	24-4= 20	16.9434					
	Total	35.5517	24-1= 23						

En la Tabla 30, se observan las variaciones en cuanto a las concentraciones de micotoxinas (aflatoxinas) identificadas en las cuatro variedades de chiles secos de las cuatro Centrales de Abasto, no variaron significativamente, de acuerdo al análisis estadístico (ANOVA), donde en todos los chiles se acepta la hipótesis de que no existe diferencia significativa entre la cantidad de aflatoxinas de las cuatro variedades de chiles secos con respecto a la Central de procedencia (Tabla 29, Pag.94).

En la Tabla 31. Se muestra el resumen de los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas comparados con los resultados del análisis estadístico ANOVA realizado.

TABLA 31. Resumen de los resultados del análisis estadístico ANOVA.

Chile/Central	Tultitlán	Iztapalapa	Ecatepec	Atizapán
Guajillo	6.74 ^a	6.37 ^a	5.09 ^a	2.65 ^a
Pasilla	3.83 ^a	6.57 ^a	5.38 ^a	4.04 ^a
Ancho	8.48 ^a	7.74 ^a	6.21 ^a	5.7 ^a
Piquín	5.39 ^a	4.78 ^a	6.79 ^a	5.65 ^a

En la Tabla 31. Se pueden observar los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas comparados con los obtenidos estadísticamente, de acuerdo al análisis estadístico no existe diferencia significativa en los resultados de la cuantificación de aflatoxinas, con respecto a la Central de procedencia de las cuatro variedades de chiles secos, sin embargo observando los datos se notan pequeñas variaciones en los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas.

En el chile guajillo se nota que el adquirido de la Central de Atizapán tuvo la más baja concentración de aflatoxinas al tener solo 2.65 ppb y el chile procedente de Tultitlán tuvo 6.74 ppb de aflatoxinas, de acuerdo al análisis estadístico no existe diferencia significativa en las concentraciones de aflatoxinas debido a la variabilidad de los resultados

El chile pasilla adquirido en la Central de Tultitlán tuvo 3.83 ppb de aflatoxinas, concentración más baja, comparada con 6.57 ppb de Iztapalapa, se notan diferencias mínimas en los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas, pero estadísticamente debido a la variabilidad de los resultados, no se encontró diferencia en las concentraciones de aflatoxinas obtenidas del chile pasilla procedente de las cuatro Centrales de Abasto.

La concentración de aflatoxinas más baja del chile ancho se presentó en el chile adquirido en la Central de Atizapán al tener 5.7 ppb, a diferencia de la Central de Tultitlán donde se tuvo una concentración de 8.48 ppb, de acuerdo a la Tabla 31, no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas en el chile ancho.

Dentro de los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas del chile piquín, la muestra obtenida de la Central de Iztapalapa presentó la concentración de aflatoxinas más baja al tener solo 4.78 ppb, comparada con la concentración de Ecatepec que tuvo 6.79 ppb, en este caso nuevamente se comprobó que no existía diferencia significativa en los resultados obtenidos del análisis estadístico (Anova) que se realizó, por la variabilidad de los resultados.



Vargas, 2006. y Ruiz, 2007., realizaron trabajos experimentales donde evaluaron la presencia de hongos toxigénicos y la presencia de micotoxinas, el contenido de aflatoxinas que reportaron en chiles de tercera calidad fue con una media de $123 \pm$ ppb en diferentes variedades de chiles procedentes de diferentes Centrales, mientras que en los chiles de segunda calidad con los que se realizó el estudio los resultados fueron con una media de $6.1 \pm$ ppb, se puede observar que como era de esperarse la contaminación por hongos y la cuantificación de aflatoxinas fue menor, ya que en la selección de chiles de segunda calidad, se elimina mucho chile dañado debido al grado de calidad de los chiles secos con los que se trabajó, puesto que los chiles de tercera calidad presentan mayor contaminación y mayores daños en la estructura de los mismos, debido al tipo de manejo y almacenamiento que se les da en las Centrales de Abasto.

En la literatura Urrego, 2006., reporta que existen muchos cereales, semillas de oleaginosas, nueces y frutos deshidratados como es el caso del chile seco que son susceptibles a la contaminación con hongos toxigénicos y formación de micotoxinas, dependiendo de las condiciones de almacenamiento que se manejen, por lo que podría existir posible contaminación con micotoxinas desde las materias que son empleadas para elaboración de productos terminados, lo cuál tiene serias repercusiones en la Salud humana, como la presencia de cáncer en el hígado, por lo que es importante tomar en cuenta que es de suma importancia mantener condiciones adecuadas de almacenamiento en los alimentos, para así evitar la presencia de hongos toxigénicos y contaminación de aflatoxinas.

Con lo anterior se comprueba que las condiciones de limpieza, manejo y almacenamiento que se tuvieron en las diferentes Centrales de Abasto fueron inadecuadas, pues sin importar con que calidad de chiles se trabaje, se tendrá la presencia de contaminación por hongos filamentosos (de campo, almacén y deterioro avanzado) y presencia de micotoxinas.

Al tener los resultados de la cuantificación de aflatoxinas en los chiles secos de segunda calidad, se puede concluir que aunque en algunos de los muestreos donde se llevó a cabo la identificación de la flora micótica, no hubo presencia de *Aspergillus flavus*, que es la especie potencialmente productora de micotoxinas, este no fue un indicativo de que se tuviera presencia de micotoxinas, ya que los hongos pueden haber dejado de ser viables después de un determinado tratamiento tecnológico aplicado, tal como lo reporta Soriano, 2007.

La NMX-FF-107/1-SCFI-2006. Productos alimenticios – chiles secos enteros (Guajillo, Ancho, Mulato, de Árbol, Puya y Pasilla) – parte 1 – Especificaciones y métodos de prueba, no tiene un apartado donde se especifiquen las tolerancias de aflatoxinas permitidas en chiles secos y subproductos, siendo que es un producto de consumo diario para la dieta del mexicano, quien lo emplea en la elaboración de infinidad de platillos y algunas veces se llegan a consumir subproductos como lo son las salsas botaneras, por tal motivo se considera importante establecer los niveles máximos permitidos de aflatoxinas en los chiles secos como una medida de control preventiva para evitar serios problemas de salud.



Cabe mencionar que es de suma importancia tener una legislación para aflatoxinas en México, puesto que a nivel mundial es el segundo país con mayor producción de chile. México tiene tolerancias de niveles máximos permitidos de aflatoxinas en dos productos de consumo humano, en la NOM-091-SSA1-1994, especifica el nivel máximo permitido de 0.05 ppb de la aflatoxina M1 en la leche, el segundo producto que cuenta con normatividad mexicana son los cereales y subproductos para consumo humano y animal estableciendo como límite máximo 20 ppb de aflatoxinas en la NOM-188-SSA1-2002, por lo que si esta Norma aplicara a las variedades de chiles secos con las que se realizó el estudio, se concluiría que todos los chiles de segunda calidad se encuentran dentro de las tolerancias establecidas por normatividad mexicana, ya que la concentración más alta obtenida fue de 9.7 ppb, sin embargo como ya se comentó en la norma correspondiente no hay recomendación alguna.



CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

- A pesar de haber comprado chiles de primera calidad en las cuatro Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana estudiadas, se mostró que la mayor cantidad de chiles adquiridos fue el chile de segunda calidad, seguido del de tercera, en base a la clasificación realizada basada en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006. Productos alimenticios – chiles secos enteros (guajillo, ancho, mulato, de árbol, puya y pasilla) – parte 1 – Especificaciones y métodos de prueba.
- En base a los resultados obtenidos, la mayor cantidad de chiles clasificados en los tres grados de calidad de acuerdo a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, el 27.5% fue chile ancho de primera calidad, el 48.3% fue chile guajillo de segunda calidad y el 32.9% fue chile pasilla de tercera calidad.
- Las condiciones de almacenamiento que se manejaron en las cuatro Centrales de Abasto de la zona metropolitana donde se muestrearon los chiles a estudiar no son las adecuadas, ya que se vio reflejado en los porcentajes de humedad y en la identificación de la flora micótica, pues estuvieron presentes hongos de almacén, hongos de campo y de deterioro avanzado, en todos ellos.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la determinación de humedad de las cuatro variedades de chiles secos, en la Central de Abasto de Iztapalapa, el chile guajillo tuvo 12.58%, el chile pasilla 14.20% y el chile piquín 7.80%, que fueron los rangos más elevados de humedad, en el caso del chile ancho adquirido en la Central de Ecatepec tuvo 16.04%, el valor más elevado de humedad, por lo que se puede concluir que dentro de la Central de Iztapalapa y Ecatepec, las condiciones de almacenamiento del chile seco no fueron las adecuadas, pues se vio reflejado en los resultados de los porcentajes de humedad.
- Aunque durante la identificación de la flora micótica el hongo productor de aflatoxinas *Aspergillus flavus* no se identificó en todas las muestras, durante la cuantificación de aflatoxinas todas las muestras de chiles secos tuvieron presencia de estas.
- Debido a la presencia del moho y la toxina en el ambiente, la proliferación de micotoxinas se considera un problema casi inevitable, ya que la contaminación en diferentes productos alimenticios es cada vez más grande y las tolerancias de micotoxinas que se tienen para los alimentos en diferentes países varía de acuerdo a las reglamentaciones con las que cuenta cada país, en México solo están establecidos los límites máximos para cereales y productos lácteos, creando serios problemas para la exportación de productos mexicanos a otros países



- ◆ Las aflatoxinas se han detectado como contaminantes naturales en un gran número de productos agrícolas, habiéndose confirmado su presencia en prácticamente todas las zonas del mundo y en mayor o menor grado en casi todos los alimentos de primera necesidad, la contaminación con micotoxinas es un problema de graves repercusiones económicas y de salud a nivel Nacional y Mundial, ya que el consumo de productos contaminados puede tener efectos cancerígenos, mutágenos y teratógenos.

- ◆ De acuerdo a los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas en las cuatro variedades de chiles secos adquiridos en las cuatro Centrales de Abasto de la zona metropolitana, el chile más contaminado fue el chile ancho de Tultitlán al tener 8.48 ppb, cabe mencionar que el *Aspergillus flavus* fue identificado en el muestreo de dicha Central, por lo que era de esperarse una alta concentración de aflatoxinas en el chile ancho.

- ◆ El chile piquín de Ecatepec también fue uno de los que tuvieron la mayor concentración de aflatoxinas al tener 6.79 ppb, aunque no se identificó la presencia del *Aspergillus flavus*, se tuvo una concentración alta de aflatoxinas en el chile, lo mismo ocurrió en el caso del chile guajillo de Tultitlán, al tener 6.74 ppb.

- ◆ En el caso del chile pasilla procedente de la Central de Iztapalapa era de esperarse la presencia de aflatoxinas, ya que durante la identificación de los hongos, el *Aspergillus flavus* fue uno de los hongos identificados, y de los resultados obtenidos en la cuantificación de aflatoxinas el chile pasilla de la Central de Iztapalapa fue el más contaminado al tener 6.57 ppb.

- ◆ Como se observó en los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas, todos rebasan los niveles máximos de aflatoxinas establecidos por los Estados Unidos, México debería tener establecidos los niveles máximos permitidos de micotoxinas dentro de la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, ya que el chile es uno de los alimentos básicos en la alimentación diaria.

- ◆ Si en México se tuvieran establecidos los niveles máximos de aflatoxinas en los productos que son de alta demanda, se tendrían más controladas las condiciones de almacenamiento y venta de los alimentos en general, con esto no solo mejoraría la calidad de los alimentos, sino que se tendría un mayor crecimiento económico, ya que se podrían exportar alimentos a otros países, en el caso del chile, se sabe que México es uno de los principales países productores de chile a nivel mundial, por lo que se facilitaría la exportación del mismo.

- ◆ Cabe mencionar que los resultados obtenidos de las determinaciones del porcentaje de humedad y de la cuantificación de aflatoxinas variaron en algunas ocasiones, debido a los métodos empleados y a las condiciones de almacenamiento que se manejaron para la conservación de los chiles en las Cuatro Centrales de Abasto.



RECOMENDACIONES



RECOMENDACIONES

- La invasión de *Aspergillus flavus* y producción de aflatoxinas ocurre frecuentemente en el campo, por tal motivo se debería tener un mayor control durante la cosecha y almacenamiento de los cultivos, para evitar la proliferación de hongos y contaminación de micotoxinas.
- Algunas de las medidas preventivas que se pueden emplear son:
 - Manejo adecuado de riego, controlando parámetros como: Temperatura y humedad relativa, factores que son esenciales para la germinación de las esporas y la proliferación fungosa.
 - Realizar una cosecha pronta para evitar que los chiles permanezcan mucho tiempo expuestos en el campo ya que podría ser un factor importante para el desarrollo fúngico.
 - Tener un control de infección fúngica mediante el empleo de fungicidas de acuerdo a unas correctas prácticas de aplicación, y prevenir los daños mecánicos de los productos finales.
 - Tener un tratamiento de los chiles secos ya estando almacenados, acondicionando los mismos con corrientes de aire fresco y seco.
 - Utilizar las buenas prácticas de manufactura para identificar los principios esenciales de higiene y manejo de cultivos para cultivos frescos en la producción primaria desde el campo hasta la cosecha, reduciendo la contaminación de micotoxinas
 - El uso apropiado de la tierra mediante la cosecha, el retiro de la basura, un arado correcto, el uso de fertilizante, la eliminación de malas hierbas y prevención de la sequía, podría ayudar a prevenir y evitar contaminación de los productos cosechados.
 - La manera más conveniente de evitar los problemas ocasionados por las aflatoxinas es evitar el crecimiento de los hongos productores de micotoxinas, ya que de esta manera se dejarían de propiciar las condiciones que favorecen el crecimiento de los hongos productores de micotoxinas.
 - Para tener menos alimentos contaminados con micotoxinas se tendría que evitar el uso de chile seco de segunda calidad en la elaboración de subproductos, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en la cuantificación de aflatoxinas todos los chiles de segunda calidad se encuentran contaminados, lo cual crearía serias repercusiones a la salud.



BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

1. Adams,M.R Y Moss,M.O.1997. Microbiología de los Alimentos. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.p.p (10-12, 289-298)
2. Alexopoulos,C,J. Y Mims.W. C. 1985. Introducción a la micología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. p.p 210-579.
3. Ávila,S. A y Sosa, D. G. 2001. "Manual ilustrado de micología médica". (tesis de licenciatura). FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
4. Badui,D.S.2006. Química de los Alimentos. Ed.Pearson. 4ta Edición. México.2006.p.p 499-576
5. Belitz,H.D. y Grosch, W. 1997. Química de los Alimentos. Ed Acribia, S.A., Segunda Edición. Zaragoza, España. p.p 1050-1054.
6. Bonifaz,A. 1998. Micología Médica Básica. Editorial Mendez, Segunda Edición. México D.F. p.p342-345, 358-361, 425-442.
7. Bourgeois,M,C, Mescle, F.J Y Zucca.J. 1994. Microbiología Alimentaria. Vol. 1 Aspectos Microbiológicos de la Seguridad y Calidad Alimentaria. Ed. Acribia, S.A Zaragoza España. p.p 131-140.
8. Cabañas.C.B. y Galindo.G.G. 2004. Nivel Tecnológico de los Productores de Chile Seco (*CAPSICUM ANNUUM L.*) Del Antiplano de Zacatecas. Primera Convención Mundial del Chile 2004.México.p.p1-9.(www.world-epper.org/2004/memorias2004/269_cabanass_cruz_wpc2004.pdf consultada el 23 de Julio del 2008)
9. CAC/RCP 45-1997. Código de prácticas para reducir la aflatoxina B1 presente en las materias primas y los piensos suplementarios para animales productores de leche. (www.codexalimentarius.net/web/standard_list consultada el 19 de Septiembre del 2008)
10. CAC/RCP 51-2003. Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas, con anexos sobre la ocratoxina A, la zearalenona, las fumonisinas y los tricotecenos.(www.codexalimentarius.net/web/standard_list consultada el 19 de Septiembre del 2008).
11. Campbell,C.K., Jonson,E.M., Philpot, C.M y Warnock, D.W.1996. Identification of pathogenic Fungi. Public Health Laboratory Service. London. p.p 120-201.
12. Cano,A.M.F. 1998. El cultivo del chile. Potencial exportable de chiles en fresco, de una zona libre de plagas.Guatemala. p.p 1-18.
13. Cantwell,M.1990. "Postharvest characteristics of 5 cultivars of chilli peppers".Dept. Vegetable crops. California. p.p 1-7.
14. Christensen,C.M y Sauer D.B.1982.Microflora. En: Storage of Cereal Grains and Their Products, C.M Christensen, ed. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul. Minnesota.
15. CODEX STAN 193-1995 Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos.(www.codexalimentarius.net/web/standard_list consultada el 19 de Septiembre del 2008).

- 
16. CODEX STAN 234-1999 Métodos de análisis y de muestreo recomendados. (www.codexalimentarius.net/web/standard_list consultada el 19 de Septiembre del 2008).
 17. Collera,Z.O., Garcia,J.F y Melendez.G.R.2004 comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of capsicum annum L. Instituto de Química UNAM.México.
 18. CONAPROCH. Consejo Nacional de Productores de Chiles,S.C. Consejo Estatal de Productores de Chiles en Tamaulipas.Inifap.Folleto Técnico Núm. 3. p.p 1-80 (www.conaproch.org consultada el 16 de Mayo del 2007).
 19. Cordova,A.R. 2005. Producción de chile seco de tres variedades mejoradas de chile Mirasol Guajillo en la Región Norte-Centro de México. Segunda Convención Mundial del Chile. México. p.p 1-5. (www.world-pepper.org/wpc2005/memorias consultada el 23 de Julio del 2008).
 20. Deacon,J.W.1997. Modern Mycology. Institute of cell and Molecular Biology. Third Edition. Ed. Blackell science. University of Edinburgh. p.p 118-119.
 21. Denli,M. y Perez,F.J.2006. Contaminación por micotoxinas en los piensos: Efectos, tratamiento y prevención. Facultad de Veterinaria. Barcelona, España. p.p 1-17.
 22. Doyle,P.M.,Beuchat,R.L. y Montville,J.t.2001. Microbiología de los Alimentos, fundamentos y fronteras.Ed. Acribia,S.A. Zaragoza, España. p.p414-421.
 23. Doymaz,I. y Pala,M.2002. Hot-air drying characteristics of red pepper. Chemical Engineering Department.Yildiz Technical University.Istanbul,Turkey. p.p 331-335.(www.elsevier.com consultada el 12 de Agosto del 2008)
 24. Duarte,V.S y Villamil,J.L.C. 2006. Micotoxinas en la salud pública. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.Universidad de Colombia, Bogota. Vol 8. Suppl. 1. p.p1-4.
 25. Edinboro,E.L y Karnes,T.H.2005. Determination of aflatoxin B₁ in sidestream cigarette smoke by immunoaffinity column extraction coupled with liquid chromatography/mass spectrometry.Department of pharmaceutics, Virginia commonwealth University.USA. p.p 127-129(www.elsevier.com consultada el 12 de Agosto del 2008)
 26. FAO, 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. 73 Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ISSN-1014-2914, Roma, Italia, Pags. 160. (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao>)
 27. FAO, 2004. Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el 2003. Estudio FAO: Alimentación y nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. págs.. 60. (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao>)
 28. Fennema,O.R.2000. Química de los Alimentos. 2da edición. Ed. Acribia,S.A. Zaragoza,España.872, 977-978.
 29. Garcia,A.F., Montes,H.S y Rangel.L.A.2004. Calidad Fisiológica de la semilla de Chile Piquín (*Capsicum Annum Var. Aviculare*) de dos localidades de Queretaro. Primera Convención Mundial del Chile 2004. p,p 1-5. (www.world-pepper.org/2004/memorias2004/242_jasso_chaveria_wpc2004.pdf.consultada el 23 de Julio del 2008)

- 
30. Giménez, J.L., Llorente, S. Y Romojaro, F. 1984. Degradación del color durante el almacenamiento del pimiento (*capsicum annum*, L), deshidratado y de diversas calidades de pimentón. Centro de Edafología y Biología aplicada del segura (CSIC). Apartado 195. Murcia. España. p.p 105-113.
 31. Govindarajan, V.S. 1985. *Capsicum*-Production, Technology, chemistry, and quality. Part 1 and part 2 (history, botany, cultivation and primary processing). CRC Critical Reviews in Food Science and nutrition. Karnataka, India, Volume 22. Issue 2. p.p 109-145.
 32. Hibbert, R.J y Heathcote, G.J. Aflatoxins. Chemical and Biological Aspects. Elsevier. p.p 1-52, 95-108.
 33. Inan, F., Pala, M., Doymaz, I. 2006. Use of ozone in detoxification of aflatoxin B₁ in red pepper. Department of Chemical Engineering, Yildiz Technical University. Istanbul, Turkey. p.p 1-5.
 34. (INIFAP) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tecnología de producción de chile seco. Centro de investigación regional Norte Centro. Campo experimental Zacatecas. Diciembre 2006 (consultada el 13-sep-07)
 35. James, M.J. 1991. *Modern Food Microbiology*. Fourth Edition. Ed. Chapman and Hall. New York. London. p.p 641-647.
 36. Jasso, C.C., Martínez, G.M y Cordova, R.A. 2004. Efecto del fertirriego y Acolchado en el rendimiento y calidad de Chile Ancho en San Luis Potosí, México. Primera Convención Mundial del Chile 2004. P.p 1-7. (www.world-pepper.org/2004/memorias2004/242_jasso_chaveria_wpc2004.pdf consultada el 23 de Julio del 2008).
 37. Lannes, S.D., Finger, F. L., Schuelter, A. R., Casali, V. W.D. 2006. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. Departamento de Fitotecnia, universidad Federal de Vicosa.
 38. Lara, A.J. 2003. Métodos de determinación, identificación y control de micotoxinas en ingredientes para la nutrición animal. Asociación Mexicana de Nutrición Animal (AMENA). México. p.p 1-6
 39. Larone, H. D. 1995. *Medically Important Fungi. A guide to Identification*. ASM Press. Washington, D.C. p.p 3-17.
 40. Lehninger, A.L. 1995. *Bioquímica*. 2da Edición. Ed. Omega, S.A. Barcelona. p.p 934
 41. Long, S.J. 1998. *Capsicum y cultura: La historia del chilli*. Fondo de Cultura Económica. Segunda Edición. México. p.p 69-80.
 42. Martínez, C.K. y Salazar, A. 1999. Picando oportunidades. *Tecnología de Alimentos. Industria y mercado*. Vol 34. Num. 12. México. p.p 18-25
 43. Mazida, M.M., Salleh, M.M., Osman, H. 2004. Análisis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*capsicum annum*) during stages of maturity using solid phase microextraction (SPME). Department of food science and nutrition, faculty of science and technology, school of chemical sciences and food technology. University Kebangsaan Malaysia.
 44. Mello, J.P.F y Macdonald, A.M.C. 1997. *Mycotoxins*. Elsevier science, Edinburgh, UK. p.p 155-166
 45. Mendoza, M. J. L, Martínez, S. G, Alcántara, G. M.L, López, O. M y Mercado, F. J. Modelos Aplicados al Proceso de Secado del Chile Poblano. Instituto de Ciencias Agrícolas de la



Universidad de Guanajuato. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato.

46. Mier, T., Toriello, C. y Ulloa, M. 2002. Hongos microscópicos saprobios y parásitos: Métodos de Laboratorio. Instituto de Biología. UNAM. México. p.p 27-32.
47. Milton, T.R. 1985. Bioquímica. 3ra Edición. México. Philadelphia, Pensilvania. p.p 225-227
48. Montes, H.S., García, H.E. y Aguirre, G.A. 2004. Fenología del cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.). Primera Convención Mundial del Chile 2004. p.p 1-6. (www.worldpepper.org/2004/memorias2004/43_montes_hernandez_wpc2004.pdf consultada el 23 de Julio del 2008)
49. Moreno, M. E. y Gil, G. M. 1991. La biología de *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas. PUAL UNAM. México, D. F. p.p 1-42
50. Moreno, M. E. 1993. Tratamiento químico de las semillas para el combate de los hongos. PUAL UNAM. México, D. F. p.p 55-58
51. Moreno, R. C. y Hernández T. I. 1988. Implementación de Técnica de Cuantificación de aflatoxinas (tesis de licenciatura). FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
52. NMX-FF-025-SCFI-2007. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Chile fresco (*Capsicum* spp)-Especificaciones (Cancela a la NMX-FF-025-1982).
53. NMX-FF-107/1- SCFI-2006. Productos alimenticios – chiles secos enteros (Guajillo, Ancho, Mulato, de Árbol, Puya y Pasilla) – parte 1 – Especificaciones y métodos de prueba. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento Industrial. México, D.F.
54. NOM-091-SSA1-1994, bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y Especificaciones sanitarias.
55. NOM-116-SSA1-1994, bienes y servicios. determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
56. NOM-188-SSA1-2002, Productos y servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias.
57. Restrepo, G.M. 2006. Oleorresinas de *Capsicum* en la industria alimentaria. Revista Lasallista, Julio-Diciembre, año/Vol.3, número 002. Corporación Universitaria Lasallista, Antioquia, Colombia pp.43-47.
58. Ruiz, O.M.A. 2007. "Cuantificación de aflatoxinas en salsas picantes, botaneras, comerciales y 7 variedades de chiles secos de 3ra calidad, expedidos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (tesis de licenciatura). FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
59. Santos, C.O.M. 2007. Importancia y efectos de la aflatoxina en los seres humanos. Facultad de Medicina. Universidad de Bucaramanga. Colombia. p.p 1-9
60. Schmidt, R.H. y Rodrick, G.E. 2003. Food Safety Handbook. Ed. Wiley Inter-science. United States of America. 214-241
61. Segundo, Z.C. 1991. Manual Teórico-práctico de micología médica para la carrera de QFB "Prácticas y alternativas" (tesis de licenciatura). FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

- 
62. Silvestre, A. A. 1998. Toxicología de los Alimentos. Ed Hemisferio Sur. Segunda Edición. Buenos Aires Argentina. p.p 153-191.
 63. Soriano, C. J.M. 2007. Micotoxinas en Alimentos. Primera Edición. Ed Diaz de santos. España. p.p 3-160.
 64. Stanier, R.Y, Ingraham, J.I, Wheelis, M.L y Painter, P.R. 1996. Microbiología. Segunda Edición. Ed. Revertes, S.A. p.p 672-675
 65. Stroka, J y Anklam, Elke. 2002. New strategies for the screening and determination of aflatoxinas and the detection of aflatoxin-producing moulds in food and feed. Italia. p.p 90-95
 66. Stroka, J., Otterdijk, R.V, y Anklam, E. 2000. Immunoaffinity column clean-up prior to thin layer chromatography for the determination of aflatoxins in various food matrices. Italia. p.p 251-256
 67. Trejo, G.A y Wild, A.C. 1973. A new method for the determination of capsaicin in capsicum fruits. Journal of Food Science. México, D.F. Volumen 38. p.p 342-344.
 68. Trucksess, W.M y Pohland, E.A. 2000. Methods in Molecular Biology Volume 157. Mycotoxin protocols. Ed. Human Press. Food and drug administration. Washington, D.C. p.p 3-55
 69. Urrego, J.R. y Díaz, G.J. 2006. Aflatoxinas: Mecanismos de toxicidad, en la etiología de cáncer hepático celular. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Vol. 54. No. 2. Bogota. p.p 108-116.
 70. Vargas, M. B. 2006. Evaluación de la micobiota y cuantificación de aflatoxinas en chiles secos de tercera calidad (tesis de licenciatura). UPIBI-IPN
 71. Vicam, 2002. Manual de AflaTest. pp16-22.
 72. Wainwright, M. 1992. An Introduction to Fungal Biotechnology. John Wiley and sons. pp.120-12.
 73. Warham, E.J., Butler, L.d. y Sutton, B.C. Manual de Laboratorio. Ensayos para la semilla de maíz y trigo. CIMMYT (Sistemas sostenibles de maíz y trigo). pp.1-74
 74. <http://fybio.bio.usyd.edu.au.html> (Página consultada el 16 de Febrero del 2009)
 75. www.apps.fao.org/faostat (Página consultada el 16 de Mayo del 2007)
 76. www.ceprochgto.com/chiles_cultivados.html (Página consultada el 20 de Marzo 2008)
 77. www.comidamexicana.com.mx (Página consultada el 20 de Marzo 2008)
 78. www.economia.gob.mx (Página consultada el 20 de Marzo del 2008)
 79. www.euroresidentes.com (Página consultada el 4 de mayo 2007)
 80. www.inegi.gob.mx (Página consultada el 20 de Marzo del 2007)
 81. www.mexicodesconocido.com.mx (Página consultada el 4 de Abril del 2007)
 82. www.sagarpa.gob.mx (Página consultada el 25 de Marzo del 2008)
 83. www.themolddetective.com (Página consultada el 25 de Marzo del 2008)
 84. Zinsser. 1998. Microbiología. 20a. Edición. Buenos Aires Argentina. p.p 1142, 1143



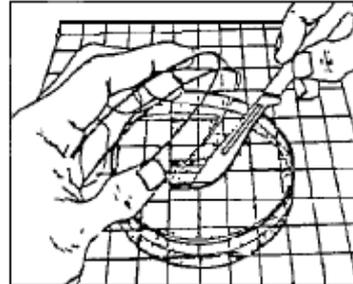
ANEXO

ANEXO 1

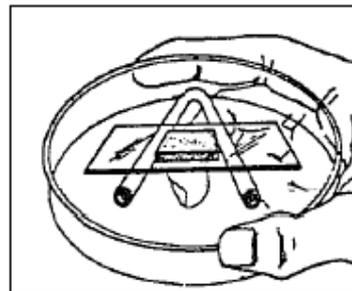
PROCEDIMIENTO DE LA TÉCNICA DE MICROCULTIVO

1. Preparar una placa con 30-35 ml de medio (agar micobiótico).

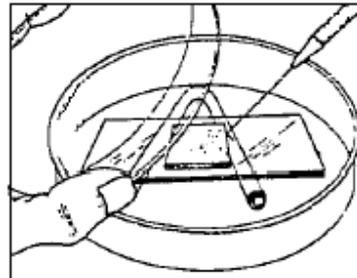
2. Se corta un bloque de aproximadamente 1cm², utilizando material y técnicas asépticas.



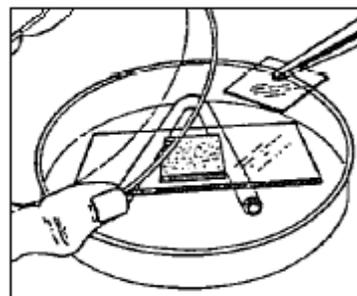
3. Se transfiere el bloque de agar a la superficie del portaobjetos.



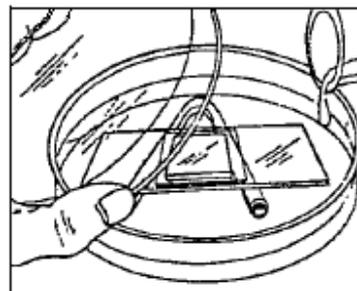
4. Se inoculan los cuatro lados del bloque de agar con las esporas o el crecimiento micelial del hongo que se está estudiando.



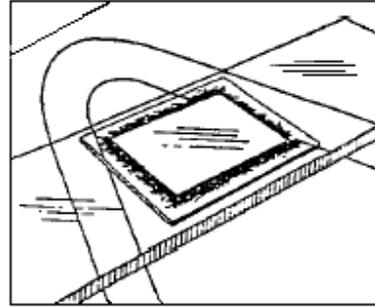
5. Se coloca un cubreobjetos, utilizando unas pinzas previamente flameadas encima del bloque, haciendo una ligera presión.



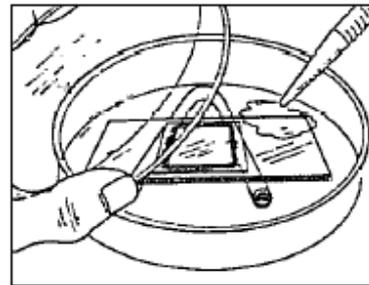
6. Se adicionan aproximadamente 10 ml de agua destilada estéril o una solución al 10% de glicerina estéril teniendo cuidado de que el nivel de líquido no toque el portaobjetos.



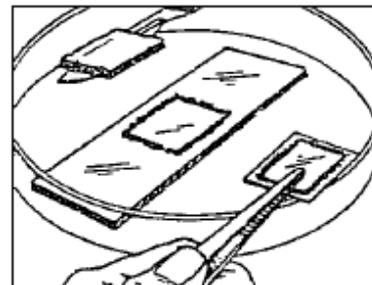
7. Se incuba el microcultivo a 28°C hasta observar sobre el medio el desarrollo del micelo. Cuando el micelo toque tanto al porta como al cubreobjetos, puede realizarse su observación.



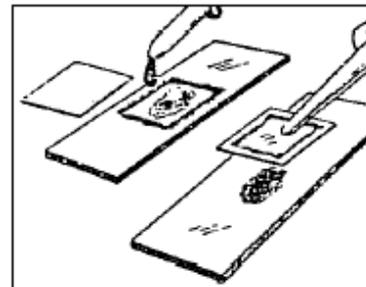
8. Antes de observar, se retira el agua destilada con pipeta y se sustituye por formol al 10% (10 ml). Se deja actuar por espacio de 1 a 2 horas.



9. Posteriormente se retira el medio de cultivo con un bisturí previamente flameado y obtenemos el hongo sobre el porta y cubreobjetos



10. Para el examen se agregan 1 o 2 gotas de colorante azul de algodón lactofenol en un portaobjetos limpio y se coloca el cubreobjetos del microcultivo en el colorante; por otro lado al portaobjetos del microcultivo se le agrega el colorante y un cubreobjetos limpio.



11. Para el examen microscópico, se observa primero con menor aumento (10X) y después con el objetivo de mayor aumento (40X).

