



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN**

**CUANTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS Y FUMONISINAS EN  
CEREALES PARA DESAYUNO DE LOS CENTROS DE  
DISTRIBUCIÓN DEL ESTADO DE MÉXICO EN EL ÁREA DE  
CUAUTILÁN IZCALLI.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**MARÍA EDITH ORTEGA NAVA**

**ASESORES:**

**DRA. CAROLINA MORENO RAMOS**

**DR. JUAN CARLOS DEL RÍO GARCÍA**

**CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**2012.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **Dedicatorias**

*A Dios por darme la fortaleza espiritual para culminar mi carrera. Gracias por la oportunidad de superarme, por darme las herramientas para vencer los obstáculos.*

*A mi Mami y Papi por el apoyo incondicional, cariño y confianza que me han brindado. Les comparto este triunfo, ya que sin su ayuda no lo hubiera podido lograr. Gracias por sus consejos. Ustedes son mi ejemplo para cumplir mis metas y objetivos.*

*A mi hermanita por apoyarme en mis decisiones, por el apoyo y cariño que me has brindado y por permitirme ser tu amiga. Sabes que te quiero y te admiro.*

*A Omar por tu apoyo y confianza que me has brindado para poder culminar este proyecto. Por estar en el momento más preciso dándome aliento.*

*A mi abuelita Lolita, mis tíos, primos y familia, que estuvieron pendientes de mí, por alentarme a seguir adelante y compartir conmigo éste éxito.*

*A mi asesora, Dra. Carolina Moreno mil gracias por tu apoyo y por los conocimientos que me compartiste, y lo que me ha ayudado profesionalmente y como ser humano. Gracias Caro!*

*A Juan Carlos por ser mi asesor y por apoyo recibido a mi tesis.*

*A Lao por los buenos momentos, por el apoyo, y por regalarme momentos divertidos, gracias por ser parte de mi vida amiga.*

*A los compañeros de la carrera, gracias los guardo con mucho cariño.*

*A los profesores de la FESC que me dieron los conocimientos para salir adelante con buenos consejos y enseñanzas.*



## I. ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
1.0	Resumen..... 1
2.0	Introducción..... 2
3.0	Justificación..... 4
4.0	Antecedentes..... 6
4.1.0	Estructura del grano..... 6
4.2.0	Cereales para desayuno..... 8
4.2.1	Generalidades..... 8
4.2.2	Clasificación de los cereales para desayuno..... 10
4.2.3	Producción y consumo de los cereales para desayuno..... 12
4.2.4	Composición química de los cereales para desayuno..... 13
4.2.5	Proceso de elaboración de los cereales para desayuno..... 16
4.2.6	Descripción de las etapas de proceso de elaboración de Corn Flakes..... 18
4.2.7	Descripción de las etapas de proceso de elaboración de Arroz Inflados..... 23
4.3.0	Hongos ..... 26
4.3.1.0	Clasificación..... 27
4.3.1.1	Hongos de campo..... 28
4.3.1.2	Hongos de almacén..... 29
4.3.1.3	Hongos de deterioro avanzado..... 33
4.4.0	Micotoxinas..... 35
4.4.1	Clasificación y principales micotoxinas..... 38
4.4.2	Aflatoxinas..... 39
4.4.3	Fumonisinias..... 40
4.4.4	Métodos de análisis para micotoxinas..... 41
4.4.5	Legislación de las micotoxinas..... 44
5.0	Objetivos..... 46
6.0	Metodología..... 47
6.1.0	Cuadro metodológico..... 47
6.2.0	Desarrollo experimental..... 48
6.2.1	Muestreo y preparación de la muestra..... 48
6.3.0	Métodos de análisis..... 64
6.3.1	Determinación y cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinias ..... 64
6.3.2	Técnica de siembra directa ..... 65
6.3.3	Técnica de aislamiento de hongo ..... 66
6.3.4	Identificación de estructuras micóticas ..... 66
7.0	Resultados y Discusiones..... 67
7.1.0	Determinación de Aflatoxinas y Fumonisinias ..... 67
7.1.1	Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinias de los cereales para ..... 69 desayuno en el Mercado del Carmen
7.1.2	Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinias de los cereales para..... 72



	desayuno en la Central de Abastos Tultitlán	
7.2.0	Micobiota identificada en cereales para desayuno .....	76
7.2.1	Micobiota identificada en Corn Flakes .....	77
7.2.2	Micobiota identificada en Corn Flakes con azúcar.....	78
7.2.3	Micobiota de Corn Flakes con chocolate.....	79
7.2.4	Micobiota de Arroz inflado con chocolate.....	80
7.3.0	Higiene Sanitaria de cereales para desayuno de venta a granel en la Central de Abastos Tultitlán y en el Mercado del Carmen.....	82
8.0	Conclusiones.....	85
9.0	Referencias Citadas.....	87

## II. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición de cereales para desayuno.....	15
Tabla 2	Factores determinantes para el crecimiento de hongos y producción de micotoxinas.....	36
Tabla 3	Metabolitos tóxicos producidos por hongos contaminantes en alimentos.....	38
Tabla 4	Clasificación general de las micotoxinas.....	39
Tabla 5	Métodos de confirmación de micotoxinas.....	43
Tabla 6	Nivel máximo permisible de micotoxinas en alimentos.....	45
Tabla 7	Datos obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas de los cereales para desayuno empacados de marcas comerciales.....	68
Tabla 8	Datos obtenidos de la cuantificación de fumonisinas de los cereales para desayuno empacados de marcas comerciales.....	68
Tabla 9	Datos obtenidos de la cuantificación de Aflatoxinas de los cereales para desayuno en el Mercado del Carmen.....	69
Tabla 10	Datos obtenidos de la cuantificación de Fumonisinas de los cereales para desayuno en el Mercado del Carmen .....	70
Tabla 11	Datos obtenidos de la cuantificación de Aflatoxinas de los cereales para desayuno en la Central de Abastos de Tultitlán.....	72
Tabla 12	Datos obtenidos de la cuantificación de Fumonisinas de los cereales para desayuno en la Central de Abastos de Tultitlán.....	74

## III. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estructura del maíz.....	6
Figura 2	Estructura del arroz .....	7
Figura 3	Producción nacional de cereales para consumo humano.....	12
Figura 4	Diagrama de proceso de elaboración de Corn Flakes.....	17
Figura 5	Diagrama de proceso de elaboración de Arroz inflado.....	22
Figura 6	Morfología microscópica <i>Alternaria</i> .....	28
Figura 7	Morfología microscópica <i>Fusarium</i> .....	28
Figura 8	Morfología microscópica <i>Helminthosporium</i> .....	29



Figura 9	Morfología microscópica <i>Aspergillus flavus</i> .....	29
Figura 10	Morfología microscópica <i>Aspergillus glaucus</i> .....	30
Figura 11	Morfología microscópica <i>Aspergillus candidus</i> .....	30
Figura 12	Morfología microscópica <i>Cladosporium</i> .....	31
Figura 13	Morfología microscópica <i>Penicillium spp.</i> .....	32
Figura 14	Morfología microscópica <i>Aspergillus fumigatus</i> .....	33
Figura 15	Morfología microscópica <i>Aspergillus niger</i> .....	34
Figura 16	Morfología microscópica <i>Mucor</i> .....	34
Figura 17	Morfología microscópica <i>Rhizopus spp.</i> .....	35
Figura 18	Localización de los centros de distribución: Mercado del Carmen y Central de Abastos de Tultitlán.....	49
Figura 19	Ubicación de los locales de venta de cereales para desayuno a granel en el Mercado del Carmen.....	50
Figura 20	Ubicación del local 1 muestreado en el Mercado del Carmen.....	51
Figura 21	Evidencia de plagas en el local frontal al muestreado .....	52
Figura 22	Local de venta frontal al muestreado muy sucio .....	52
Figura 23	Ubicación del local 2 muestreado en el Mercado del Carmen .....	53
Figura 24	Techos extremadamente sucios, ubicados arriba del local muestreado.	54
Figura 25	Basura y restos orgánicos cercanos a los puntos de venta de productos alimenticios.....	55
Figura 26	Evidencia de perros dentro de puntos de venta.....	55
Figura 27	Distribución por Módulos locales en la Central de Abastos de Tultitlán	56
Figura 28	Localización de los locales muestreados en la Central de Abastos de Tultitlán .....	57
Figura 29	Registro de desagüe sucio en el local 1 en la Central de Abastos de Tultitlán.....	57
Figura 30	Evidencia de pisos sucios en el local 2 de la Central de Abastos de Tultitlán .....	58
Figura 31	Producto a la venta abierto en el local 3 de la Central de Abastos de Tultitlán.....	59
Figura 32	Registro de desagüe localizado en el local 4 en la Central de Abastos de Tultitlán.....	59
Figura 33	Cereales para desayuno abierto en punto de venta del local 5 en la Central de Abastos de Tultitlán.....	60
Figura 34	Producto en exhibición (cereales para desayuno) abierto a la venta en el local 6.....	61
Figura 35	Basura en el local de venta .....	61
Figura 36	Basura en el local de venta de cereales para desayuno.....	62
Figura 37	Lugar no adecuado del local de venta de cereales para desayuno.....	63
Figura 38	Micobiota de Corn Flakes .....	77
Figura 39	Micobiota de Corn Flakes con Azúcar.....	78
Figura 40	Micobiota de Corn Flakes con Chocolate.....	79
Figura 41	Micobiota de Arroz Inflado con Chocolate .....	80



---

## 1.0 Resumen

El objetivo del presente trabajo fue realizar la cuantificación de aflatoxinas y fumonisinas así como la microbiota en cereales para desayuno a granel (Corn flakes, Corn flakes con azúcar, Corn flakes con chocolate y Arroz inflado con chocolate), recolectados de dos Centros de Distribución de Cuautitlán Izcalli: Mercado del Carmen (8 muestras) y Central de Abastos de Cuautitlán (30 muestras). Se determinaron por el método de cromatografía de inmunoafinidad utilizando columnas Aflatest y Fumonitest. Los resultados obtenidos de aflatoxinas en los dos Centros de Distribución se encontraron con niveles menores a 20 ppb, que son valores que se encuentran dentro de los niveles permisibles y aptos para el consumo humano (NOM-188-SSA1-2002).

El contenido de fumonisinas en alimentos en México no cuenta con una normatividad que regule el contenido máximo en cereales para desayuno. En Europa por medio de la Unión Europea está establecido un contenido máximo de fumonisinas totales de 0.8 ppm. Todas las muestras evaluadas del Mercado del Carmen se detectaron en una concentración mayor a 0.8 ppm. Y en la Central de Abastos la mitad de las muestras se encontraron con una concentración superior de fumonisinas especificado por la Unión Europea (UE). Por lo que se puede decir que las muestras evaluadas se encuentran contaminadas de acuerdo a lo establecido por la UE.

Con respecto a la microbiota se detectaron hongos del género *Aspergillus* y *Fusarium* . tanto en la Central de Abastos de Tultitlán como en Mercado del Carmen. También se identificaron los hongos de deterioro avanzado: *Rhizopus* y *Aspergillus niger* en Central de Abastos Tultitlán, *Mucor* fue identificado en el Mercado del Carmen.

Las condiciones de almacenamiento y venta de los cereales para desayuno son inadecuadas, constituyendo un alto riesgo de contaminación, la escasa higiene en el manipuleo de los alimentos representa un serio problema sanitario, ya que podría ser la causa de formación de los hongos toxigénicos, provocando una disminución en la calidad e inocuidad de éstos productos.



---

## 2.0 Introducción

La problemática asociada a los sistemas de producción agrícola (siembra, cosecha, almacenamiento, manejo y distribución), provoca la presencia de micotoxinas en los alimentos para consumo humano y animal. Esta situación representa un grave riesgo para la inocuidad del producto y consecuentemente para la salud humana y provoca considerables pérdidas económicas para el sector agropecuario (Santa Cruz *et al.*, 2006).

Las micotoxinas se pueden encontrar de modo natural en un gran número de productos agrícolas utilizados como materias primas para el procesamiento de cereales. Los cereales de mayor consumo humano son: arroz, trigo, maíz, avena, centeno y cebada, de los que se obtienen por diversos procesos industriales, harinas, pastas, galletas, cervezas y otras bebidas, entre otros, así como cereales para desayuno (Hernández, 1998).

Un desayuno equilibrado contribuye a un reparto más armónico de la ingesta energética a lo largo del día y además proporciona una ración de la ingesta adecuada de nutrientes. En la mayoría de los países en vías de desarrollo, del 50-75% de la energía dietética total vienen de los hidratos de carbono y una parte importante de estos se obtienen del consumo de cereales para desayuno (Sánchez y Pineda, 2003). En México, sobre todo en el Área Metropolitana el consumo de cereales para desayuno constituye un alimento básico por las mañanas, esto debido al poco tiempo disponible para desayunar.

Las micotoxinas al estar presentes en los cereales para desayuno podrían generar problemas de salud pública, por esta razón se hace necesario contar con información básica respecto a su incidencia y su severidad de contaminación. Lo anterior puede dar origen a estrategias para prevenirlas o controlarlas en cereales para desayuno (Hernández, 1998).





---

Las aflatoxinas y fumonisinas son toxinas fúngicas conocidas a nivel mundial; la calidad y la seguridad alimentaria humana y animal puede ser afectada por la presencia de estas micotoxinas en los cereales. Por lo tanto, para evaluar los riesgos a los que los consumidores están expuestos por los niveles de fumonisinas y aflatoxinas, es necesario obtener datos sobre concentraciones de estas micotoxinas en la alimentación humana (Castells, *et al.*, 2008). Se ha encontrado que algunos productos finales derivados del maíz contienen restos en altas cantidades (Molinié *et al.*, 2005). Por esto existe una gran preocupación sabiendo que la mayoría de las micotoxinas son cancerígenas y dado que una gran parte del consumo de estos productos son en cereales para desayuno y sus derivados en la alimentación infantil (Hernández, 1998).

Los hongos contaminantes de los cereales han sido clasificados en hongos de campo, de almacén y deterioro avanzado. Los cuales están distribuidos en el medio ambiente, produciendo micotoxinas bajo ciertas condiciones, entre los conocidos se tienen *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Gimeno, 2002; Gallardo *et al.*, 2006).

La información respecto a la incidencia y los niveles de contaminación por micotoxinas en los alimentos es limitada por muchos factores, entre ellos: los recursos para realizar las investigaciones, las facilidades de los laboratorios para llevar a cabo los análisis específicos, los procedimientos adecuados de muestreo y la sensibilidad de los métodos de cuantificación utilizados. Sin embargo, varios de los estados productores de grano en México poseen características climáticas que favorecen la presencia y el crecimiento de los hongos productores de micotoxinas (Castells, *et al.*, 2008).

Es por ello que en el presente trabajo se planteó la necesidad de llevar a cabo una evaluación de la concentración de aflatoxinas y fumonisinas en cereales para desayuno a granel, así como su micobiota. Muestreando dos de los principales centros de distribución al mayoreo y menudeo del municipio de Cuautitlán Izcalli: Central de Abastos de Tultitlán y en el Mercado del Carmen.



---

### 3.0 Justificación

Es de suma importancia que alimentos se encuentren libres de sustancias contaminantes dañinas a la salud del hombre. Sin embargo, la posibilidad de tener su existencia en los cereales para desayuno, es conveniente conocer en nuestra zona dos tipos importantes de micotoxinas: las Aflatoxinas y Fumonisinias. Así como el saber las cantidades de dichas toxinas podría definir el grado de peligrosidad y toxicidad. Adicionalmente existe una gran necesidad de información para determinar la incidencia de las micotoxinas en los productos mexicanos, lo cual sería deseable que los resultados de esta investigación, colaboren a que se establezcan legislaciones apropiadas que las controlen en los alimentos (González *et al.*, 2008).

También en base a la literatura reportada (Molinié *et al.*, 2005; Gallardo *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; Roigé *et al.*, 2009) no existe un estudio de la calidad sanitaria de los cereales para el desayuno con respecto a micotoxinas, por lo que fue de carácter importante realizar un estudio en Cuautitlán Izcalli que es un municipio ubicado en la zona norte del área Metropolitana con una población total de 511,675 habitantes (INEGI, 2010). De acuerdo al estudio realizado “Viejos Patrones y nuevos esquemas de concentración” por Cárdenas *et al.* (2002) se menciona que el municipio de Cuautitlán Izcalli y Tultitlán son dos municipios que cuentan con la mayor concentración de población del Estado de México. Fue por eso que se realizó en este municipio.

Los habitantes de Cuautitlán Izcalli se surten de alimentos de dos principales centros de distribución: Central de Abastos de Tultitlán y en el Mercado del Carmen. Los anteriores centros de abastecimiento distribuyen productos a 59 tianguis o mercados sobre ruedas (Cárdenas, *et al.*, 2002). Sin embargo, el manejo sanitario de los productos alimenticios no es el adecuado, respecto a almacenamiento y venta, incluyendo productos de consumo directo como son los cereales para desayuno.



---

Lo antes mencionado es potencialmente peligroso dado que los productos son contaminados microbiológicamente, desencadenando la producción de micotoxinas y un impacto negativo en la salud humana.

En México, los límites máximos permitidos de las aflatoxinas en alimentos para consumo humano están regulados por la Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA1-2002, y no debe rebasar los 20 mg/Kg para el contenido total de aflatoxinas.

La realidad en nuestro país es que el monitoreo de micotoxinas no se realiza de manera rutinaria en la mayoría de los cereales que salen a la venta, sino solo en los que se destinan a exportación, y este monitoreo se realiza de acuerdo a la regulación que el comprador final requiere (SENASICA, 2004). Nuestra legislación en México resulta muy poco efectiva en cuanto al aseguramiento de la inocuidad de los diversos productos alimenticios que pueden contener micotoxinas. Por ejemplo en la Norma Europea los niveles de aflatoxina en maíz se especifican deben ser menor de 5  $\mu\text{g/Kg}$  para la AFB1 y no más de 10  $\mu\text{g/Kg}$  para el contenido de aflatoxina total.

El estudio fue realizado en los cereales para desayuno debido a que son productos de consumo directo, lo que es de carácter problemático ya que estos no tendrán algún proceso para reducir la incidencia de aflatoxinas y fumonisinas que podrían estar presentes. Fue importante realizar la investigación sobre cuantificación de aflatoxinas y fumonisinas en muestras de cereales de desayuno a granel, en Cuautitlán Izcalli, para contribuir al aseguramiento de la inocuidad alimentaria de estos productos vendidos en la Central de Abastos de Tultitlán y Mercado del Carmen.



## 4.0 Antecedentes

### 4.1.0 Estructura del grano

La estructura anatómica de los granos de cereales es básicamente similar, diferenciándose de un cereal a otro en ciertos detalles. Los granos de maíz, son cariósides desnudas y están formados por una cubierta externa denominada glumas y por semilla. La semilla está conformada por el pericarpio, el germen y el endospermo. Los granos de avena, cebada y arroz son cariósides vestidos. Contienen, además del pericarpio, las glumas o cascarilla que constituyen la cáscara del grano (Hoseney y González, 1991).

### 4.1.1 Estructura del grano de maíz

El grano de maíz está compuesto de cinco partes principales: germen, endospermo, testa, pericarpio y cáscara como se observa en la Figura 1, cada una de ellas presenta diferentes características las cuales se describen a continuación.

**Germen o embrión:** se localiza en el centro o núcleo de la semilla, a partir del cual se puede desarrollar una nueva planta.

**Endospermo:** estructura harinosa o feculenta que envuelve al embrión y que le proporciona los nutrientes necesarios para su desarrollo. Consta de una capa de aleurona y el endospermo amiláceo.

**Pericarpio:** Supone en torno al 3-4% del peso total del fruto (cubierta externa). Consta del epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

**Testa:** capa exterior laminar que recubre al grano y proporciona nutrientes y vitaminas.

**Cáscara:** capa más exterior de todas y de cierta dureza ya que protege a la semilla.

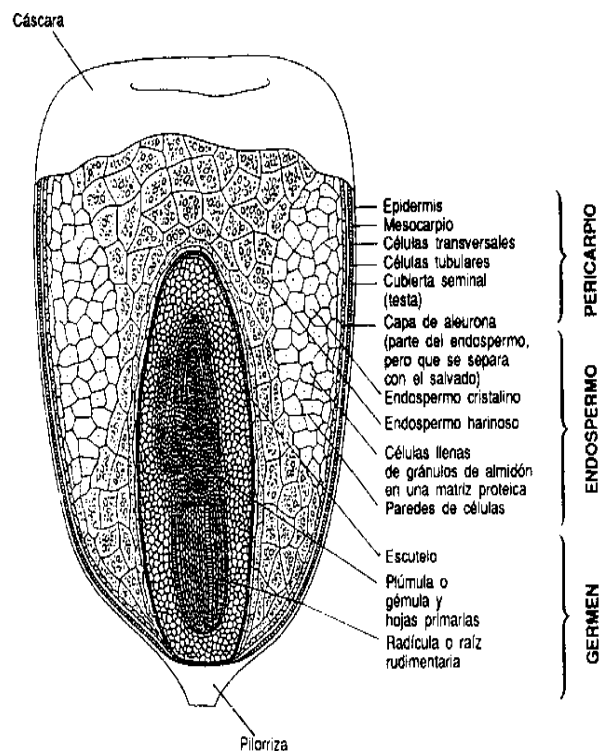


Figura 1. Estructura del maíz (FAO, 1993)



#### 4.1.2 Estructura del grano de arroz

El grano de arroz se compone del ovario maduro, la lema y la pálea, la raquilla, las lemas estériles y las aristas cuando se encuentran presentes como se muestra en la Figura 2. El embrión se une con el endospermo que consiste en la capa de aleuronas y el endospermo amiláceo. La lema y la pálea, con sus estructuras asociadas, constituyen la cáscara, y pueden retirarse mediante la aplicación de una presión giratoria.

El grano de arroz descascarado (cariósido) se conoce en el comercio como arroz café y debe su nombre al pericarpio de color marrón (o de otro color) que lo cubre. El pericarpio es la capa más externa que rodea a la cariósido y se retira cuando el arroz se pule y muele por completo. Debajo del pericarpio hay dos capas de células que representan la cubierta de la semilla.

El embrión se encuentra en el lado ventral de la espiguilla, junto a la lema. El resto de la cariósido está ocupado por el endospermo amiláceo, adyacente al embrión se encuentra un punto llamado

ojo, que marca el punto de inserción de la cariósido a la pálea.

El endospermo blanco consiste principalmente en gránulos de almidón encastrados en una matriz proteínica. Contiene, además azúcares, grasas, fibra cruda y materia orgánica (FAO, 2003).

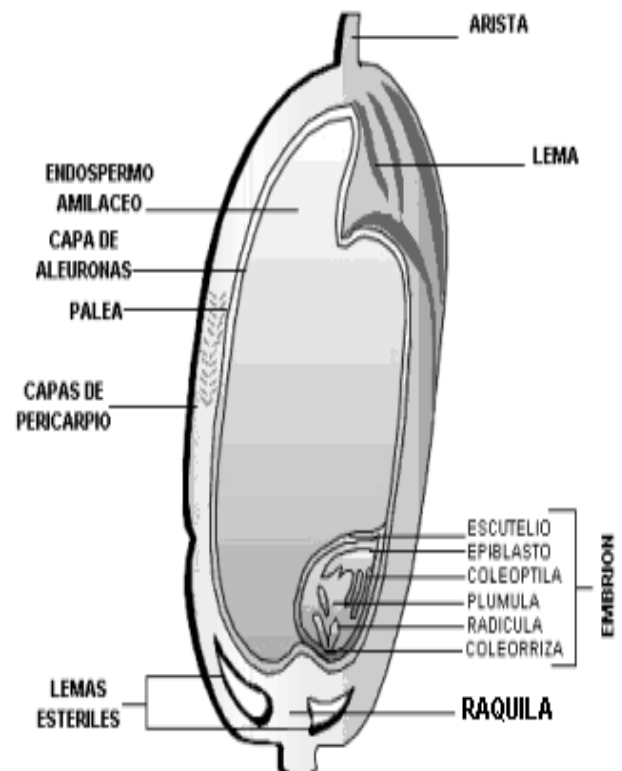


Figura 2. Estructura del arroz (FAO, 2003)



---

## **4.2.0 Cereales para desayuno**

### **4.2.1 Generalidades**

Los cereales se definen como plantas cuya semilla, reducida a harina, sirve para la alimentación del hombre, los cereales son gramíneas (Scade, 1981).

Los cereales para desayuno se consumen de manera directa y se elaboran a partir del grano entero o molido de los cereales premezclados, obtenidos de la cocción, secado y molienda de granos sanos, limpios y libres de tegumentos. Pueden estar en forma de copo, hinchados, desmenuzados, tostados, dulces, con chocolate, adicionados o no de nutrimentos y aditivos alimentarios permitidos (NMX-F-350-S-1980).

La industria de los cereales para desayuno surgió en 1860 como resultado de evitar el consumo de productos animales, propuesto por Adventistas del Séptimo Día. En esa época organizaron el Western Health Reform Institute en Battle Creek, en Michigan, al que rebautizaron posteriormente como el Battle Creek Sanitarium. En la búsqueda de la dieta saludable, el Dr. James Caleb Jackson creó el primer cereal para desayuno en 1863, a base de harina integral de cereales que fue horneada en forma de láminas delgadas, posteriormente quebradas en trozos más pequeños y estos a su vez fueron molidos y horneados. J.H. Kellogg's, de Battle Creek hizo galletas de un par de centímetros de grueso, las cuales se secaron, tostaron, molieron y empaquetaron. Posteriormente C.W. Post evaluó las posibilidades de este negocio y lo inició con un criterio completamente diferente al sanitario original. J.H. Kellogg's hizo lo mismo y así surgió la industria de los alimentos para desayuno. Actualmente son muchas las compañías productoras de cereales para desayuno y las presentaciones son muy variadas, existiendo: hojuelas, granulados, tiras y formas infladas, cuyos sabores se deben al tostado o a la adición de azúcar y saborizantes. Estos sabores generalmente son enriquecidos con vitaminas y minerales, y constituyen un alimento básico importante para el desayuno (Dendy y Dobraszczyk, 2001).



---

En el mercado mexicano se encuentran varias firmas comerciales que venden estos productos. Entre las más conocidas están: Kellogg's, de origen norteamericano, cuyas presentaciones son: Corn Flakes, Zucaritas, Corn Pops, Donitas, Choco Krispis y Rice Krispis. Dentro de las compañías nacionales se encuentran Productos Maizoro y Productos Gramina, que tienen presentaciones similares a las mencionadas (Hernández, 1998).

El mercado ofrece una gran variedad de cereales para desayuno. Los copos se obtienen de harinas refinadas y contienen sal, azúcar y malta entre otros ingredientes. Están fortificados con vitaminas y minerales. Con el fin de compensar el efecto del refinado se les agrega a las harinas integrales la fibra; las variedades integrales se elaboran con el grano entero del cereal. Su aporte nutritivo y de fibra es mayor que el de los cereales refinados (Sánchez y Pineda, 2003).

Desde los comienzos de las empresas Battle Creek, los cereales para desayuno han tenido un reconocimiento en todo el mundo, convenientes para el consumo diario por todos los grupos de edad. Los gránulos y cereales originales se han multiplicado en una gran variedad de formas, colores y sabores. Con adición de vitaminas, minerales y proteínas, así como la administración de suplementos de fibra. Como consecuencia, los cereales para el desayuno han incrementado su nivel de consumo per cápita (Matz, 1992). Los cereales para desayuno se han convertido en un producto muy popular. También los niños los consumen por su sabor, formas atractivas. Para mucha gente hoy en día, los cereales de desayuno son un elemento principal de la alimentación diaria (Krugman, 2008).



---

#### **4.2.2 Clasificación de los cereales para desayuno**

Los cereales para desayuno son productos diseñados de acuerdo con la demanda de consumidores en los que se usan diversas materias primas y formulaciones, a la vez que se ponen en juego dos tipos de tecnologías: la expansión y cocción por extrusión directa y el aglomerado de copos cocidos por extrusión. Los cereales en copo se elaboran principalmente con el endospermo de los granos de maíz o de trigo, que mediante la cocción por extrusión adquiere una textura crujiente.

##### **Copos de maíz**

El maíz blanco se descascarilla, limpia y lava. Después se procede a la molturación seca del maíz para separar el germen y el salvado. Durante este proceso, generalmente, se parte el endospermo en dos piezas. Estos dos trozos son sémolas, que producen cada uno un copo. Las sémolas de maíz se calientan a presión con una disolución de azúcar, malta (no enzimática) y sal. Las condiciones son 2 horas a 18 psi de presión de vapor. Después de la cocción, se deshacen los grumos y se desecan parcialmente las sémolas cocidas. La desecación se realiza en un secador de torre en el que el producto húmedo cae en contracorriente de aire caliente (65°C aprox.). La torre puede tener varios pisos de altura. Este proceso seca el exterior de las partículas, de modo que ya no son pegajosas. Después de la cocción, las partículas contienen un 50% de humedad, que se reduce a un 20% en el secado. Sin embargo la unidad no es uniforme. La pieza está seca por el exterior y muy húmeda en el interior. Por esta razón se deja un tiempo de reposo (recomendable 24 horas) para que se equilibre la humedad (Hoseney, 1991).

Después del equilibrio, las sémolas están listas para la laminación. Los rodillos de laminación son cilindros grandes lisos que pesan hasta una tonelada cada uno y mantienen en el punto de contacto la presión de hasta 40 toneladas. Al salir de los rodillos de laminación, se tuestan los copos durante 50 segundos a 300 °C.





---

La tostadora, no solamente deshidrata el producto (<3% humedad), sino que también produce vejigas en él. Después de enfriados los copos, pueden ser rociados con soluciones de sustancias minerales y vitaminas (Hoseney, 1991).

### **Cereales esponjados**

Los inflados se elaboran insuflando aire a presión a pequeños fragmentos de masa creados con harina refinada de diversos granos. Son más ligeros y crujientes que otros cereales pero tienen menos fibra (Sánchez y Pineda., 2003).

En este proceso se realiza una disminución de la densidad, y se emplean dos métodos generales. El primero es la aplicación repentina de calor a presión atmosférica. Con esta técnica, el agua se vaporiza antes de que tenga tiempo de difundirse al exterior de la pieza. La vaporización interna expande o hincha el producto. El segundo tipo es el cambio repentino a presión más baja del producto que contiene agua supercalentada, permitiendo entonces que el agua se vaporice repentinamente. Los dos tipos dependen del paso de agua a vapor como fuerza impulsora. La clave del grado de hinchamiento es el cambio repentino de temperatura o presión (Hoseney, 1991).

### **Coberturas**

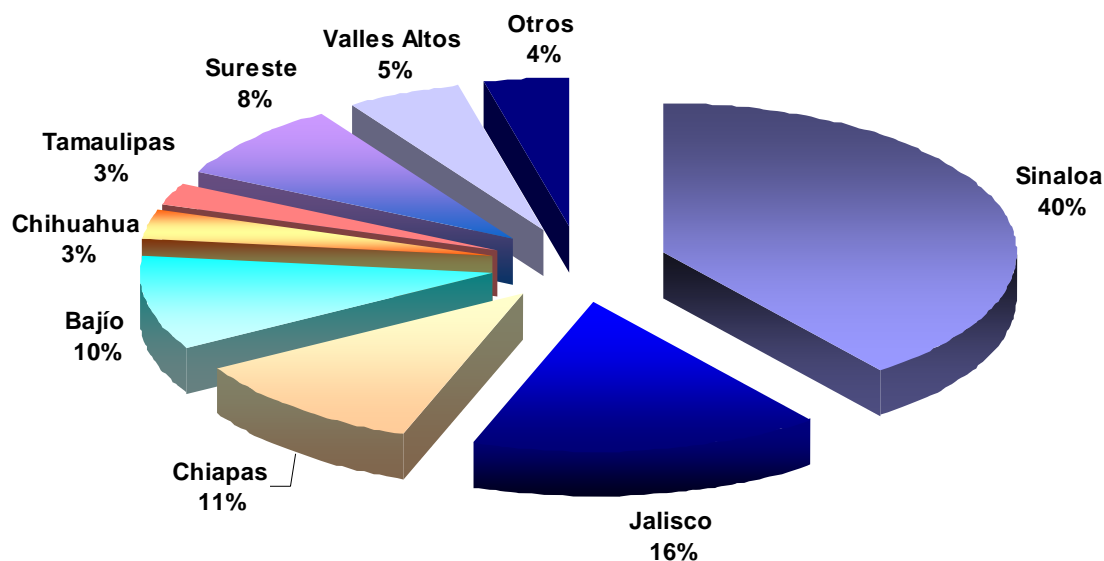
El recubrimiento de cereales con azúcar, tiene como ventajas protegerlo contra la absorción de humedad además de añadir azúcar y otros complementos en el punto de fabricación. El proceso de recubrimiento es muy simple. Se utiliza un equipo del tipo de las hormigoneras para mantener el cereal agitado mientras el jarabe de azúcar fundido gotea lentamente sobre este. Frecuentemente se le añade aceite de coco para disminuir la espuma y mantener separadas las partículas. El jarabe endurece muy rápidamente al enfriarse. El recubrimiento supone el 25 a 50% del peso del producto, principalmente a causa de su alta densidad comparada con la del cereal (Hoseney, 1991).



### 4.2.3 Producción y consumo de los cereales para desayuno

El Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) calculó que México produjo 32 millones de toneladas de granos básicos como maíz, así como 300,000 toneladas de arroz y 3.4 millones de trigo. México se encuentra ubicado en la subregión de América Central y el Caribe documentando que en el 2008 se cosecharon 34 millones 200 mil toneladas de cereales. De la siembra de arroz se generó una cosecha de 300,000 toneladas (FAO, 2008).

A continuación se muestran las cifras de producción nacional de cereales que se encuentran documentados en SAGARPA hasta el año 2008.



**Figura 3. Producción nacional de cereales para consumo humano**

Fuente: SAGARPA (2008) Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria

Los principales países consumidores de cereales para desayuno son Estados Unidos y Canadá, sin embargo los hábitos de consumo de los mexicanos han cambiado en los últimos diez años.



---

Los cereales para desayuno en América del Norte tienen un muy alto consumo por los adultos, mientras que en Latinoamérica los cereales aún están posicionados en el segmento infantil.

En 1997 el consumo de los cereales para desayuno en América Latina aumentó en un 15%, por lo que resultó el mercado de mayor crecimiento a nivel mundial.

El líder indiscutible en la categoría de cereales para desayuno es Nestlé, que empezó a producir y vender este producto en 1990 en México. Atraído por la existencia de un nicho que ya había inaugurado Kellogg's en el país, y que tenía un gran potencial de crecimiento. Lo cierto es que, a partir de ese momento, el mercado mexicano evidenció una fuerte alza, llegando incluso a duplicarse en los últimos cinco años. Y si bien el consumo per cápita aún es bajo en comparación con los países desarrollados con 6 kilos per cápita por año, la penetración alcanzada en el último tiempo es de cerca de 80%, cifra bastante alta para el contexto latinoamericano (Krugman, 2008).

#### **4.2.4 Composición química de los cereales para desayuno**

La composición de los cereales en general es de: 75% de carbohidratos, 10 % de proteínas, 2% de grasas y de 1 a 2 % de cenizas. El principal carbohidrato es el almidón y después la celulosa; pueden contener además hierro y fibra. Los aminoácidos en cereales para desayuno más importantes son el ácido glutámico y el ácido aspártico.

El contenido proteico de los cereales en general es muy variable, entre un 6 y un 16% del peso, dependiendo del tipo de cereal y del procesamiento industrial. La composición en aminoácidos de las proteínas de los cereales depende de la especie y variedad; en general son pobres en aminoácidos esenciales, por lo que se les cataloga de proteínas de moderada calidad biológica (Serra y Aranceta, 2004).



---

En la Tabla 1 se muestran valores representativos de la composición química de los cereales para desayuno.

El contenido de grasas en los cereales naturales es muy bajo; algo más en el caso del maíz cuyo contenido en grasa es del 4% aproximadamente y por ello se utiliza para obtener aceite. Los cereales contienen muy poca cantidad de agua, de ahí su facilidad de conservación (Serna, 2001).

Los cereales contienen minerales como el calcio, fósforo, hierro y en menor cantidad potasio. Contienen también todas las vitaminas del complejo B, carecen de vitamina A (excepto el maíz amarillo que contiene carotenos). La vitamina E está en el germen que se pierde con la molienda del grano y la vitamina B1 es abundante en el salvado (Dendy y Dobraszczyk, 2001).

Los cereales industrializados generalmente tienen un contenido nutricional menor al de los cereales enteros debido a los procesos de manufactura como:

- ◆ Elevadas temperaturas a las que son sometidos cuando son secados o inflados.
- ◆ Procesos de molienda y triturado debido a que los nutrientes que se encuentran en la cascarilla, generalmente se eliminan en la fabricación de los cereales industrializados.

La mayor parte de los cereales de uso más común sobre todo infantil como los copos de cereales para desayuno están enriquecidos artificialmente con vitaminas con la finalidad de contrarrestar las pérdidas durante el procesado. Entre las vitaminas y nutrientes inorgánicos (minerales) que se adicionan al cereal se encuentran el hierro, la tiamina, la niacina y la riboflavina, entre otros (Herrera *et al.*, 2002).



**Tabla 1. Composición química de cereales para desayuno**

<i>PRODUCTO</i>	<i>AGUA</i>	<i>ENERGÍA</i>	<i>ENERGÍA</i>	<i>PROTEÍNA</i>	<i>GRASA</i>	<i>CHOS</i>	<i>HIERRO</i>	<i>TIAMINA</i>	<i>RIBOFLAVINA</i>	<i>ACIDO NICOTINICO</i>
	%	(Kcal) /100g	(KJ) / 100 g	g	g	g	mg	mg	mg	mg
<b>Copos de maíz</b>	3.5	357	1494	7.35	0.42	85	0.28	0.11	0.14	15.75
<b>Copos de maíz azucarados</b>	6.4	374	1566	4.5	0.60	87	7.90	1.20	1.30	15.00
<b>Arroz inflado</b>	3	354	1481	5.9	0.8	86	0.7	0.11	0.14	15.75
<b>Arroz inflado chocolate</b>	5	388	1625	5	2.5	85	7.90	1.20	1.30	15.00
<b>Copos de salvado al 30%</b>	3.8	347	1452	9.1	1.5	77	42	0.32	1.05	7
<b>Trigo desmenuzado</b>	6	354	1481	9.9	1.8	77	3.9	0.22	0.11	4.4
<b>Weetabix (Mezcla de cereales)</b>	3	340	1423	10.9	1.9	77	5.85	0.71	1.06	10.5
<b>Sémola de avena</b>	9	400	1674	12.1	8.7	73	4.1	0.5	0.1	1

Fuente: Scade (1981)



---

#### **4.2.5 Proceso de elaboración de cereales para desayuno**

Los cereales para desayuno son productos elaborados a partir de diversos granos, principalmente trigo, maíz y arroz, sometidos a procesos por los que se consiguen que estallen, se expandan, se hinchen o se aplasten, de manera que estén listos para el consumo. Son más digeribles que como grano entero y natural. Se presentan en forma de escamas, copos, filamentos, gránulos, etc. Con frecuencia se enriquecen con diversos ingredientes alimenticios con lo que puede aumentar considerablemente su valor nutricional y su acción dietética.

En cualquier industria y particularmente en las de carácter agrario se desarrollan las siguientes etapas:

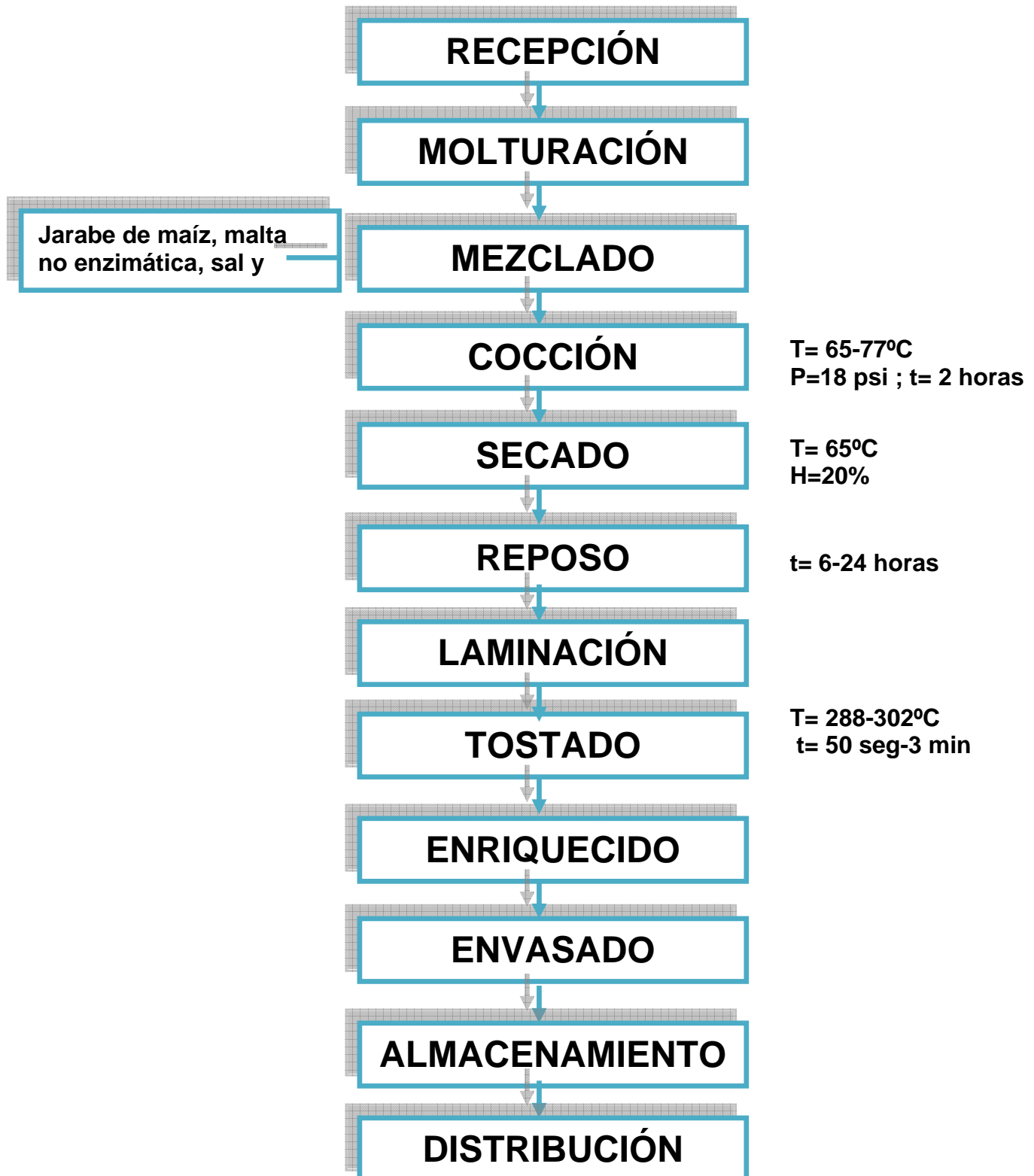
- Recepción, control y almacenamiento de las materias primas.
- Operaciones básicas que intervienen en el proceso industrial.
- Almacenamiento de los productos elaborados, con los controles de calidad pertinentes.

Todas estas fases están íntimamente influenciadas por las características de la materia prima y del producto elaborado, principalmente en lo que a su conservación refiere (Sánchez y Pineda, 2003).

A continuación se mencionan los productos de estudio de este trabajo Diagrama de elaboración de Corn Flakes (Figura 4) y Arroz Inflado (Figura 5).



Figura 4. Diagrama de proceso de elaboración de Corn Flakes (Sánchez y Pineda, 2003)





---

#### **4.2.6 Descripción de las Etapas de proceso de elaboración de Corn Flakes**

##### **RECEPCIÓN**

En primer lugar se lleva a cabo un proceso de recepción, inspección y almacenamiento de la materia prima (maíz). Las características del grano de maíz más adecuadas son: clase dentada, endospermo duro y amarillo, alto peso hectolítrico y buen color; las cuales son propiedades que favorecen el proceso de molienda para la obtención de un mayor rendimiento de gránulos y al color del producto. Se realiza un pesado de los camiones que transportan el maíz en la báscula de pesaje (Sánchez y Pineda, 2003).

##### **MOLTURACIÓN**

Se procede a la molturación seca del maíz para separar el germen del salvado. Se parte el endospermo en dos piezas. Estos trozos grandes (mitad del grano) son sémolas del no. 4 o 5. Los grandes trozos mantienen su identidad durante todo el proceso, produciendo cada uno un copo solamente (Hoseney, 1991).

La industria prefiere el maíz colorado duro tipo “Plata” por su mayor proporción de endosperma córneo. Esta cualidad está ligada a la dureza del grano; propiedad intrínseca que se expresa en la resistencia a la acción mecánica y está asociada a la composición bioquímica del endosperma (contenido relativo de proteínas -zeínas- y de componentes del almidón -amilosa y amilopectina-) (Desrosier, 1991).

##### **MEZCLADO**

La homogeneidad de la mezcla juega un papel muy importante en la calidad del producto final. Una buena mezcla se obtiene, si se usa una mezcladora idónea. En esta operación se añade jarabe de maíz, azúcar, malta no enzimática, sal y agua. (Sánchez y Pineda, 2003).





---

## **COCCIÓN**

Los pedazos de endospermo de color amarillo son cocidos en ollas de presión horizontales-rotativas. La mezcla se calienta a presión con una disolución de azúcar, malta (no enzimática) y sal. Las condiciones del tratamiento son 2 horas a 18 psi de presión de vapor a una temperatura de 65-77° C, hasta gelatinizar propiamente el almidón o llegar a una humedad de 28-33%. En este estadio los pedazos de endospermo adquieren una apariencia translúcida y tienden a agregarse. Esto indica que el agua ha penetrado al interior de la pieza. El tiempo de cocimiento de los gránulos varía de acuerdo con el tamaño y condición o dureza de los gránulos.

## **SECADO**

Los gránulos cocidos son inicialmente conducidos a un equipo desagregador que los separa en unidades individuales. Los gránulos son transportados por medio de una banda sin fin a un secador contracorriente que opera a temperaturas de 65°C aproximadamente. El secador es una torre que puede tener varios pisos de altura. En este proceso se seca el interior de las partículas que contienen un 50% de humedad y se reduce a un 20% en el secadero. Sin embargo la humedad al final no es uniforme, y es por eso que se tiene que mantener un reposo para equilibrar la humedad (Hoseney, 1991).

## **REPOSO**

Las piezas están secas por el exterior y muy húmedas por el interior. Por esto los gránulos se almacenan en un silo por un tiempo de reposo de 6-24 horas con objeto de equilibrarlos o mejorar la distribución de la humedad dentro de la integridad del gránulo (Hoseney, 1991).



---

## **LAMINADO**

Después del equilibrio, las sémolas están listas para la laminación. Se procede al laminado en rodillos de acero inoxidable. Los rodillos de laminación son cilindros grandes lisos que pesan hasta una tonelada cada uno y mantienen en el punto de contacto la presión de hasta 40 toneladas (Hoseney, 1991).

## **TOSTADO**

Las hojuelas de maíz plásticas y de color más claro son tostadas con aire caliente en hornos, donde la alta temperatura se genera por medio de quemadores de gas. Las hojuelas residen en el horno de 50 seg. a 3 min. A temperaturas 288-302°C. La tostadora, no solamente deshidrata el producto (<3% de humedad), sino que también produce vejigas en él producto. El proceso de horneado deshidrata la hojuela, ayuda al desarrollo del sabor tradicional, textura crujiente y color dorado impartido por reacciones de Maillard (Hoseney, 1991).

## **ENRIQUECIDO**

Después de enfriados los copos, pueden ser rociados con soluciones de sustancias minerales y vitaminas (Hoseney, 1991).

## **ENVASADO**

El producto se convierte en crujiente en la salida y está listo para ser empaquetado por una máquina autopesadora. La humedad óptima de empaque para conservar la textura y prolongar la vida de almacén es de 2%. El empaque generalmente incluye el uso de papel encerado, el cual es impermeable a la humedad ambiente, aunado con una caja de cartón, cuya función primordial es proteger el producto.



---

El proceso de manufactura de hojuelas azucaradas y con chocolate es muy similar al descrito anteriormente, con excepción de que las hojuelas laminadas y tostadas son asperjadas con una solución azucarada o chocolate en un tambor recubridor (Desroiser, 1991).

### **ALMACENAMIENTO**

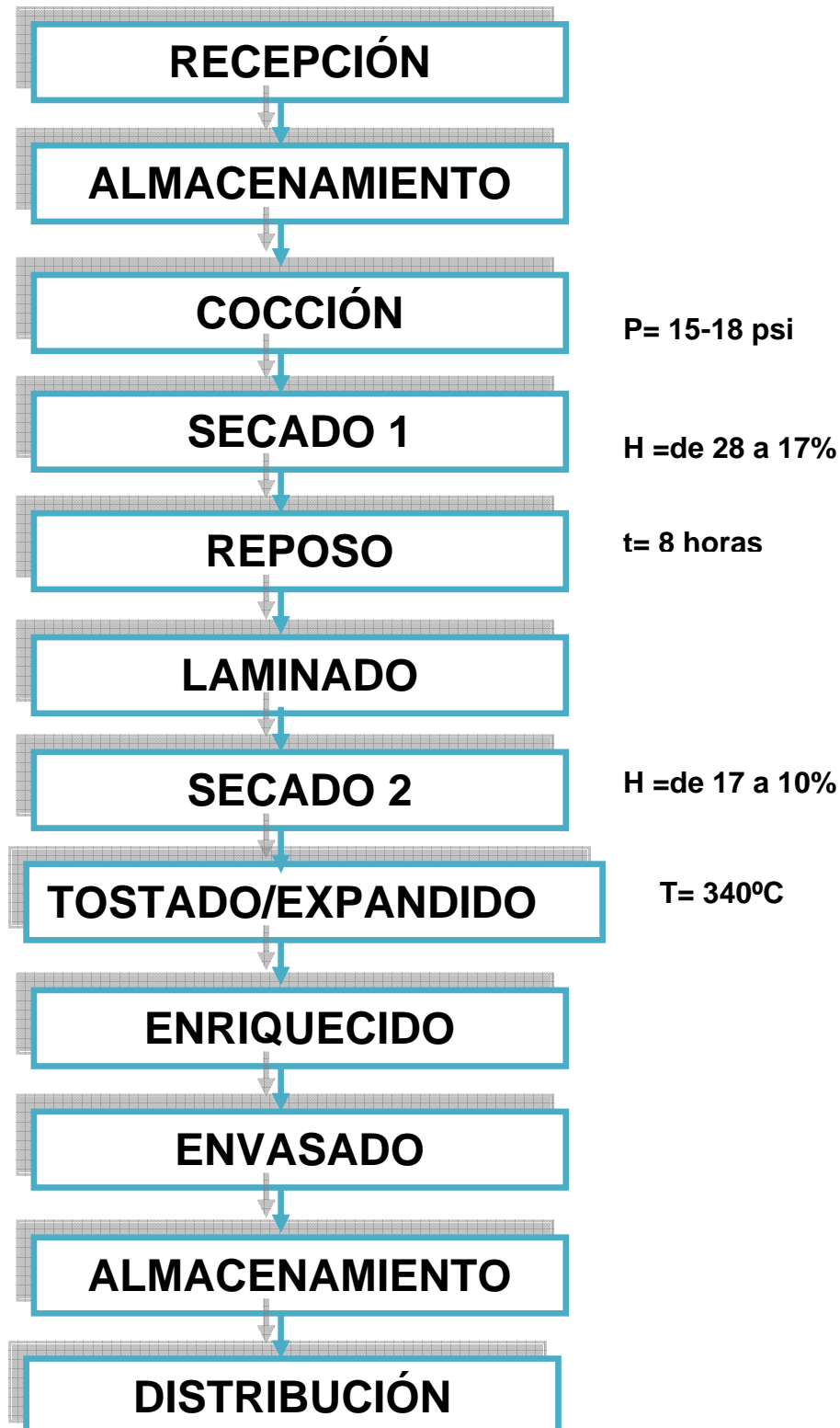
Después del envasado del producto terminado se tienen que llevar a cabo las buenas prácticas de manufactura (BPM) con la finalidad de asegurar que las instalaciones de almacenamiento cuenten con estructuras secas y bien ventiladas que las protegen de las precipitaciones, permiten el drenaje de las aguas subterráneas y evitan la entrada de roedores y pájaros, y que las fluctuaciones de la temperatura son mínimas (CODEX CAC/RCP 51-2003, 2003).

### **DISTRIBUCIÓN**

Se asegura que los contenedores empleados para el transporte están exentos de proliferación visible de hongos, de insectos y de cualquier material contaminado. Si es necesario habrá que limpiarlos a fondo antes de que se utilicen o de que se vuelvan a utilizar; además deberán ser idóneos para la carga prevista. Puede resultar útil el empleo de fumigadores o insecticidas registrados. En el momento de la descarga, el contenedor deberá vaciarse completamente de la carga y limpiarse según sea apropiado. El producto se transportará y expenderán siempre debidamente envasados, embalados y etiquetados y se venderán al público en sus envases íntegros (CODEX CAC/RCP 51-2003, 2003).



Figura 5. Diagrama de proceso de elaboración de Arroz inflado (Sánchez y Pineda, 2003)





---

#### **4.2.7 Descripción de las Etapas de proceso de elaboración del Arroz inflado**

Los granos de arroz preferidos para este proceso son los de tamaño corto o mediano. Los granos pulidos con alta incidencia de microfisuras en el endospermo y alto contenido de aceite (0.25%) producen más baja calidad de productos, dado la pobre tasa de expansión y propiedades estructurales del producto cocido. El producto se expande 2-5 veces.

#### **RECEPCIÓN**

En primer lugar se llevará a cabo un proceso de recepción, inspección de la materia prima (arroz) (Sánchez y Pineda, 2003).

#### **ALMACENAMIENTO**

Posterior a la recepción del arroz como materia prima, el producto se almacena en Silos.

#### **COCCIÓN**

El grano blanco/pulido de tamaño medio es cocinado en ollas de presión (15-18 psi) junto con azúcar, sal malta no enzimática, saborizante y agua suficiente para incrementar la humedad al grano a 28%. El arroz cocido es equilibrado a temperatura ambiente y sometido a un paso a través de un equipo desaglomerador. (Serna, 2001).

#### **SECADO 1**

El arroz, ahora en unidades individuales, es secado en dos etapas. La primera tiene como objetivo reducir la humedad de 28-17% y preparar al grano para ser parcialmente rolado o aplanado. (Serna, 2001).



---

## **REPOSO**

El grano con un 17% de humedad es equilibrado hasta por ocho horas antes de pasar un par de rodillos laminadores.

## **LAMINADO**

Después de que los gránulos han sido equilibrados, se pasan por los rodillos laminadores operando con una luz de aproximadamente el mismo grosor del grano. Este paso aplasta ligeramente el grano y crea fisuras en su endospermo, las cuales posteriormente ayudan a mejorar la tasa de expansión.

## **SECADO 2**

Después, el arroz pasa a la segunda etapa de secado hasta reducir su humedad a 10%.

## **TOSTADO/EXPANDIDO**

El arroz es finalmente tostado y expandido a temperaturas de hasta 340°C. El gradiente de temperatura es mayor en la parte final del horno, esto con el objeto de liberar el vapor de agua y optimizar la expansión.

## **ENRIQUECIDO**

Después de enfriados los copos, pueden ser rociados con soluciones de sustancias minerales y vitaminas (Hoseney, 1991).



---

## **ENVASADO**

El producto se convierte en crujiente en la salida y está listo para ser empaquetado por una máquina autopesadora. La humedad óptima de empaque para conservar la textura y prolongar la vida de almacén es de 2%. El empaque generalmente incluye el uso de papel encerado, el cual es impermeable a la humedad ambiente, aunado con una caja de cartón, cuya función primordial es proteger el producto.

## **ALMACENAMIENTO**

Después del envasado del producto terminado se tienen que llevar a cabo las buenas prácticas de manufactura (BPM). Se tendrá que asegurar que las instalaciones de almacenamiento y transporte cuenten con estructuras secas y bien ventiladas que las protegen de las precipitaciones, permiten el drenaje de las aguas subterráneas y evitan la entrada de roedores y pájaros, y que las fluctuaciones de la temperatura son mínimas (CODEX CAC/RCP 51-2003, 2003).

## **DISTRIBUCIÓN**

Se asegura que los contenedores empleados para el transporte están exentos de proliferación visible de hongos, de insectos y de cualquier material contaminado. Si es necesario habrá que limpiarlos a fondo antes de que se utilicen o de que se vuelvan a utilizar; además deberán ser idóneos para la carga prevista. Puede resultar útil el empleo de fumigadores o insecticidas registrados. En el momento de la descarga, el contenedor deberá vaciarse completamente de la carga y limpiarse según sea apropiado. El producto se transportará y expenderán siempre debidamente envasados, embalados y etiquetados y se venderán al público en sus envases íntegros (CODEX CAC/RCP 51-2003, 2003).



---

#### 4.3.0 Hongos

Los hongos son organismos autótrofos, incapaces de sintetizar materia orgánica lo que los obliga a vivir como parásitos, se desarrollan sobre un sustrato que contenga los diversos nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. La mayoría de los hongos están constituidos por estructuras tubulares llamadas hifas, y conocidas como micelios (Moreno, 1998).

Los hongos han sido clasificados según Christensen en tres grupos: hongos de campo, hongos de almacén y hongos de deterioro avanzado. Los hongos de campo son agentes causantes de enfermedades en los cultivos e invaden los granos. Los hongos de almacén se pueden desarrollar en humedades relativas de 65 a 90 % (condiciones de humedad muy frecuentes en el almacenamiento de granos). El tercer grupo de hongos proliferan en productos almacenados en humedades relativas superiores al 90 % y en la naturaleza se les encuentra colonizando materia orgánica en proceso de descomposición (Moreno, 1998).

Entre los hongos de campo, se encuentran: *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium* y muchos otros que causan enfermedades. Por otra parte, también los granos y las semillas son invadidos por hongos cuyo hábitat natural es el almacén, la bodega, el silo y las trojes, siendo principalmente especies de *Aspergillus* y *Penicillium*.

En un estudio realizado en Sonora sobre la micobiota de maíz (*Zea mays* L.) recién cosechado, se encontró que el género con mayor incidencia fue *Fusarium* seguido por *Aspergillus*, *Penicillium* y *Alternaria* (Gallardo, *et al.*, 2006).





---

Existe reporte realizado por González *et al.*, (2008) en granos de maíz en Argentina, determinando que los principales géneros de hongos encontrados fueron *Penicillium*, *Fusarium* y *Aspergillus*. Ambos estudios realizados son de gran importancia debido a la presencia de estos géneros de moho encontrados, existe un riesgo significativo de contaminación con micotoxinas.



En el campo, algunos géneros de *Fusarium* pueden producir fumonisina B1, y crecen en maíz, avena, arroz, así como también en el trigo, mijo y sorgo. De acuerdo a Molinié *et al.*, (2005) algunas micotoxinas pueden ser estables en el procesamiento de alimentos y se pueden encontrar en los productos finales. Sin embargo la AOAC Internacional y la Unión Europea, han adoptado una serie de métodos validados para el análisis de las fumonisinas, estos métodos son sólo para algunos alimentos no procesados y para productos alimenticios. Hasta ahora, no hay un método validado para el análisis de micotoxinas en cereales para el desayuno.

#### **4.3.1.0 Clasificación**


En seguida se presenta la clasificación de hongos como de campo, de almacén y deterioro avanzado que Moreno (1998) propone:



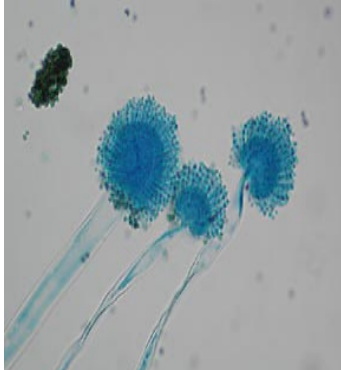
#### 4.3.1.1 Hongos de Campo

Hongo	Descripción	Figura
<p><b><i>Alternaria</i></b></p>	<p>Especies de este género son muy comunes en los cereales, no se les consideran hongos toxigénicos.</p> <p>La <i>Alternaria</i> presenta conidióforos oscuros con conidios en el ápice; los conidios pueden estar solitarios o en cadenas ya sea con septos transversales y longitudinales de color oscuro.</p>	 <p><b>Figura 6. Morfología microscópica <i>Alternaria</i></b></p>
<p><b><i>Fusarium</i></b></p>	<p>Las especies de <i>Fusarium</i>, se caracterizan por formar esporas grandes, (macronidios) y pequeñas (microconidios), en forma de media luna en racimos o libres, lo que les distingue de otras. Las colonias de <i>Fusarium moniliforme</i> son de color blanco, crema pálido o violeta, y presentan un aspecto pulverulento. Las especies de <i>Fusarium</i> son responsables del marchitamiento de las plantas, putrefacciones y grietas; de la raíz en legumbres, café, trigo, maíz, claveles y hierbas. La infección puede ocurrir a veces en la semilla en desarrollo, especialmente en cereales (Moreno, 1998).</p>	 <p><b>Figura 7. Morfología microscópica <i>Fusarium</i></b></p>

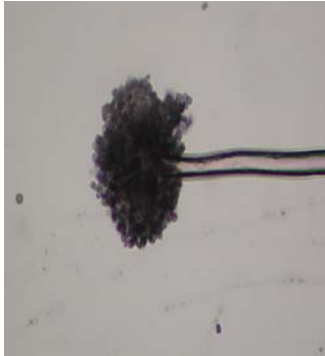



<p><b><i>Helminthosporium</i></b></p>	<p>Es responsable de diversas enfermedades en los cereales de grano pequeño en su desarrollo. En trigo es el causante de la punta negra en el grano y la mancha amarilla en la hoja. Las especies desarrollan colonias de color café. Los conidióforo originan conidios individuales, alargados y con septos transversales de color marrón.</p>	 <p><b>microscópica <i>Helminthosporium</i></b></p>
---------------------------------------	---	--


#### 4.3.1.2 Hongos de almacén

Hongo	Descripción	Figura
<p><b><i>Aspergillus flavus</i></b></p>	<p>La presencia de este hongo es indicativa de presencia de aflatoxinas en el producto. Las colonias presentan un color verde amarillento. La estructura del hongo está conformada por dos cabezas conidiales, vesículas globosas, esterigmas uniseriados o biseriados (Moreno, 1998). La actividad de agua para el crecimiento de <i>Aspergillus flavus</i> es de 0.82 a 0.99, mientras que para la producción de aflatoxinas es de 0.998. Los principales productos contaminados por <i>Aspergillus flavus</i> son cacahuete, cereales, y la semilla de algodón. Esto se</p>	 <p><b>Figura 9. Morfología microscópica <i>Aspergillus flavus</i></b></p>




	<p>debe al nivel de humedad después de la recolección o secado y por las malas condiciones de almacenamiento (Moreno, 1998).</p>	
<p><b><i>Aspergillus glaucus</i></b></p>	<p>Este hongo requiere una actividad de agua de 0.75 y crece en cereales con contenidos de humedad entre 13.5 - 14.0 %. No hay evidencias claras de su poder toxigénico. Las colonias de la especie son color verde-azul. Su estructura está formada por cabezuelas en forma radiada, que varían en tamaño y color (verde azul o verde olivo).</p>	 <p><b>Figura 10. Morfología microscópica <i>Aspergillus glaucus</i></b></p>
<p><b><i>Aspergillus candidus</i></b></p>	<p>La estructura está conformada por esterigmas de una serie y conidióforos en forma de cepillo el cual contiene estructuras cerradas color amarillo llamadas ascas (Moreno, 1998).</p> <p>Este hongo requiere humedades relativas alrededor de 80 % (actividad de agua 0.80) y crece en cereales con contenidos de humedad de 14.5 - 16.0 %</p> <p>La presencia de este hongo es indicativa de que el lote de grano está sufriendo deterioro severo. No se le considera hongo</p>	 <p><b>Figura 11. Morfología microscópica <i>Aspergillus candidus</i></b></p>



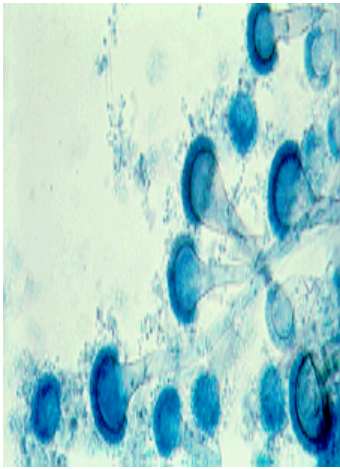
	<p>toxígeno. Reduce el poder germinativo de las semillas y es uno de los hongos involucrados en el calentamiento de los granos. Las colonias son de color blanco, tanto jóvenes como viejas (Moreno, 1998)</p>	
<p><b><i>Aspergillus versicolor</i></b></p>	<p>Requiere de una humedad relativa de 80-85%. Presenta cabezuelas de color verde-azul y conforme se desarrolla el hongo, estas 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 um de diámetro), las vesículas son generalmente elipsoidales. La toxicidad oral es baja, debido a que los jugos gástricos no permiten su solubilidad total (Moreno, 1998).</p>	
<p><b><i>Cladosporium</i></b></p>	<p>Hongo de campo encontrado en mazorcas de maíz que se almacenan con altos contenidos de humedad. Tiene la capacidad de crecer a bajas temperaturas aún bajo 0 ° C. Presenta caniodóforos largos, oscuros y ramificados, conidios de diversas formas, ovoides, cilíndricos e irregulares, algunos en forma de limón. Los conidios en cadenas simples o ramificadas. Sus colonias son de color verde oliva, de tamaño pequeño, de 1-2</p>	 <p><b>Figura 12. Morfología microscópica <i>Cladosporium</i></b></p>



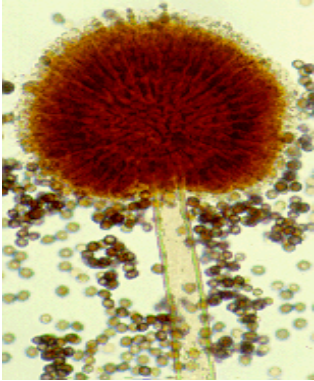
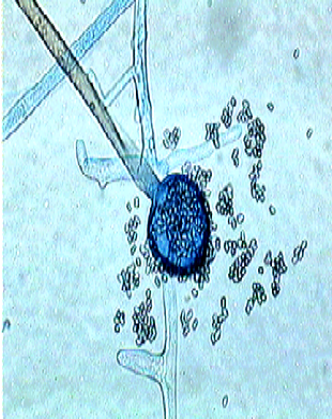
	<p>cm, el reverso de las colonias es de color azul oscuro (Moreno 1998).</p>	
<p><b><i>Penicillium spp.</i></b></p>	<p>Estos hongos pueden crecer a temperaturas muy bajas; inclusive a -2° C.</p> <p>Ciertas especies se les consideran toxigénicos, ya que son capaces de producir micotoxinas entre ellas patulina, ocratoxina, citrinina y rubratoxina (Moreno, 1998).</p> <p>Las colonias crecen lentamente y presentan una coloración verde-gris pálido.</p> <p>Presenta conidióforos pequeños en racimos, con escasos conidios esféricos de 1.8-2.8 um de diámetro de color rosa pálido, presenta racimos pequeños y delgados (Moreno, 1998).</p>	 <p><b>Figura 13. Morfología microscópica <i>Penicillium spp</i></b></p>



#### 4.3.1.3 Hongos de deterioro avanzado


<b>Hongo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Figura</b>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<p>Produce las micotoxinas viriditoxina, gliotoxina y fumagitolina. Para crecer requieren prácticamente agua, condición que solo se encuentra en productos en avanzado estado de deterioro.</p> <p>Crece fácilmente en un medio con alto contenido de sal o sacarosa.</p> <p>Las conidias son de color verde azul. A nivel microscópico presenta esterigmas en una serie, con cabezas conidiales de color verde y en la parte final conidios globulares (Moreno, 1998).</p>	 <p><b>Figura 14. Morfología microscópica <i>Aspergillus fumigatus</i></b></p>



<p><b><i>Aspergillus niger</i></b></p>	<p>No se le considera un hongo toxigénico, a pesar de que bajo condiciones de laboratorio produce ácido oxálico y malformina que son tóxicos. Las colonias de <i>Aspergillus niger</i> son negras y café oscuras, presenta cabezas con vesículas globosas, esterigmas en una o en dos series con ramificaciones, conidioforos hialinos y conidios globulares (Moreno, 1998).</p>	 <p><b>Figura 15. Morfología microscópica <i>Aspergillus niger</i></b></p>
<p><b><i>Mucor</i></b></p>	<p>Este género de hongo se encuentra en el suelo y en productos orgánicos en estado de descomposición. Requiere para su desarrollo alta actividad acuosa 0.95-1.0, humedades relativas de 95-100 %. Sus esporas están contenidas en esporangios con esporangioforos rizoides. No se considera toxígeno, sin embargo se les ha implicado en la producción de micosis en animales. Las colonias son de color gris pálido (Moreno, 1998).</p>	 <p><b>Figura 16. Morfología microscópica <i>Mucor</i></b></p>





<b><i>Rhizopus spp</i></b>	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 de color gris (Moreno, 1998).	 <p><b>Figura 17. Morfología microscópica <i>Rhizopus spp</i></b></p>
----------------------------	--	--

#### 4.4.0 Micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por ciertos hongos toxigénicos capaces de desencadenar cuadros de intoxicación aguda, carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos y estrogénicos que crecen en una amplia diversidad de productos alimenticios y bajo diferentes situaciones (Christensen y Sauer, 1982).

Seguramente las micotoxinas siempre han estado con nosotros, pero hasta hace unas cuantas décadas se les reconoció como un problema de salud pública y animal, debido a sus variados efectos tóxicos y su alta resistencia a los tratamientos térmicos, la presencia de micotoxinas en los alimentos y en piensos es potencialmente peligrosa. Evidencias actuales que se tienen sobre la importancia de los diferentes hongos toxígenos que invaden a granos indican que los géneros más importantes son *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Gimeno, 2002).

La mayoría de las micotoxinas son compuestos policetónicos resultantes de las reacciones de condensación que tienen lugar cuando se interrumpe la reducción de los grupos cetónicos en la biosíntesis de los ácidos grasos realizada por los hongos, éstos ácidos grasos son metabolitos primarios los cuales son utilizados como reservorio de energía (D’Mello y



Placinta, 1999). Existen una serie de factores que son determinantes para el crecimiento de los hongos y la producción de micotoxinas que en la Tabla 2 se desglosan.

**Tabla 2. Factores determinantes para el crecimiento de hongos y producción de micotoxinas**

<p><b>Agua disponible (aw)</b></p>	<p>El agua disponible (aw) indica la cantidad de agua disponible para el desarrollo de los microorganismos, una vez que se ha alcanzado el equilibrio hídrico en el sistema alimento/ medio ambiente. Los valores de los diversos grupos de hongos varían de acuerdo con el sustrato y la temperatura (Gimeno, 2008). Además el aw influye en la producción de toxinas, principalmente en productos poco hidratados, se requiere de un aw ligeramente superior al aw límite (0.86) para el crecimiento fúngico (Alonso, <i>et al.</i>, 2002).</p>
<p><b>Humedad relativa (HRE)</b></p>	<p>Es la cantidad de humedad de la que disponen los microorganismos. Una vez alcanzado el equilibrio entre la humedad libre del producto y el vapor de agua existente en el medio ambiente. Este se expresa en por ciento. Con respecto al porcentaje de humedad relativa, valores inferiores al 65% representan un escaso crecimiento fúngico, el crecimiento y la proliferación se acelera con porcentajes de humedad &gt;75% (Gimeno, 2008).</p>
<p><b>Temperatura</b></p>	<p>La temperatura óptima se encuentra entre 25° y 30° C, sin embargo algunos autores indican una temperatura de 36° a 38° C y el límite máximo entre 40° y 45° C, sin embargo <i>Aspergillus flavus</i>; <i>A. candidus</i>; y <i>A. fumigatus</i> pueden crecer sin problemas hasta 55° C. Hay que destacar que la mayoría de los hongos no crecen por debajo de 5° C. La temperatura para la producción de micotoxinas es ligeramente más baja que la temperatura óptima de crecimiento del hongo (Alonso, <i>et al.</i>, 2002).</p>
<p><b>Integridad del grano</b></p>	<p>Los tegumentos intactos del grano dificultan el acceso del hongo al almidón endospermico. Los granos partidos son mas susceptibles a la invasión y desarrollo fúngico que los granos enteros (Moreno y Gutiérrez, 1991).</p>



<p><b>pH</b></p>	<p>Los hongos toleran un intervalo de pH (2.5 – 7.5), de modo general soportan mejor el medio ácido que el alcalino. Es de destacar que ellos mismos son capaces de alterar el pH, utilizando como fuente de energía los ácidos orgánicos del alimento o los excretados por bacterias acidificantes que puedan aparecer durante el periodo de deterioro del alimento (Gimeno, 2008).</p>
<p><b>Sustrato</b></p>	<p>En general los hongos se nutren de micro y macroelementos existentes en cualquier material orgánico; sin embargo la producción de micotoxinas esta ligada a la composición del sustrato. (Moreno y Gutiérrez, 1991) De acuerdo al estudio realizado por Gimeno (2002), los resultados indicaron que el sustrato es un factor importante para la producción de micotoxinas.</p>
<p><b>Oxígeno</b></p>	<p>La mayor parte de los hongos son aerobios, una carencia de oxígeno condiciona su crecimiento. El anhídrido carbónico puede inhibir la formación de algunas micotoxinas más que el crecimiento fúngico (Gimeno, 2008).</p>
<p><b>Minerales</b></p>	<p>Está relacionado con la composición del sustrato a pesar de que el hierro y el zinc son los elementos más importantes para un desarrollo fúngico, otros pueden ser necesarios para la producción de micotoxinas (Gimeno, 2008).</p>
<p><b>Presencia de insectos</b></p>	<p>La presencia de insectos actúa como agente de diseminación de la microflora y contribuye al crecimiento y multiplicación de los hongos (Gimeno, 2008).</p>
<p><b>Estirpes específicas</b></p>	<p>En una misma especie fúngica, no todas las estirpes se comportan de la misma forma. La sola presencia de hongos en un determinado producto, aún de una cepa productora de micotoxina no significa que la micotoxina esté presente o que se vaya a producir, para que suceda eso se requiere que ocurran las condiciones ambientales de temperatura, humedad, sustrato y tiempo de incubación; sin embargo puede ocurrir el hecho de detectar la micotoxina sin la presencia del o los hongos productores, ya que éstos y sus esporas pueden haber desaparecido, no ocurriendo lo mismo con las micotoxinas, que permanecen en el sustrato (Moreno y Gutiérrez, 1991).</p>



#### 4.4.1 Clasificación y principales micotoxinas

En la tabla 3 y 4 se muestran los principales metabolitos tóxicos producidos por hongos más comunes en la contaminación de alimentos y la clasificación de las micotoxinas.

Las principales clases productoras de micotoxinas son: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, estos tipos de hongos pueden crear diferentes tipos de micotoxinas como se muestra en la Tabla 3.

La siguiente tabla resume los principales metabolitos tóxicos producidos por hongos comunes en la contaminación de los alimentos.

**Tabla 3. Metabolitos tóxicos producidos por hongos contaminantes en alimentos**

<b>Hongos</b>	<b>Principal metabolito tóxico</b>
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas B, M, G
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxinas B, M
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ocratoxina A
<i>Fusarium tricinctum</i>	T-2 toxina
<i>Fusarium roseum</i>	T-2 toxina
<i>Fusarium moniliforme</i>	Fumonisin (F-2 toxina)
<i>Gilerella zeae</i>	2-Deoxinivalenol (Don)
<i>Penicillium viridicatum</i>	Ocratoxina A
<i>Penicillium vyclopium</i>	Ocratoxina A

(Soriano del Castillo, 2007)



Las aflatoxinas más importantes y más estudiadas se han clasificado en los tipos: B1, B2, G1 y G2 según su fluorescencia de color azul o verde en presencia de luz ultravioleta a 365 nm.

**Tabla 4. Clasificación general de las micotoxinas**

<b>Micotoxina</b>	<b>Clase</b>
Aflatoxina	B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub> , M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub>
Ocratoxina	A, B, C, A metil éster, B metil éster, B etil éster, 4-hidroxi ocratoxina A
Fumonisinias	B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> , C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , P
Patulina	Patulina
Zearalenona	$\alpha$ -zearalenol, $\alpha$ -zearalanol, $\beta$ -zearalenol, $\beta$ -zearalanol,
Otras	T-2, TH-2, Citrina, ácidomciclopiazónico, deoxinivalenol

(Soriano del Castillo, 2007)

#### **4.4.2 Aflatoxinas**

Producidas esencialmente por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Existen hasta el momento 18 tipos de aflatoxinas de las cuales la más tóxica es la Aflatoxina B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) y la aflatoxina M<sub>1</sub> (AFM<sub>1</sub>) siendo ésta un derivado metabólico de AFB<sub>1</sub> y que da como resultado un producto del metabolismo de algunos animales, la cual se encuentra normalmente en la leche y la orina. Siguen después en orden de mayor a menor toxicidad, las aflatoxinas G<sub>1</sub> (AFG<sub>1</sub>), M<sub>2</sub> (AFM<sub>2</sub>), B<sub>2</sub> (AFB<sub>2</sub>) y G<sub>2</sub> (AFG<sub>2</sub>) (siendo la aflatoxina M<sub>2</sub>, un derivado metabólico de la aflatoxina B<sub>2</sub> y que procede del metabolismo animal, pudiéndose encontrar también en la leche y orina) (Gimeno y Martins, 2001).



---

Las aflatoxinas pueden encontrarse como contaminantes naturales en los cereales (maíz, trigo, arroz, y otros) y subproductos de cereales, así como toda una serie de productos alimenticios como frutos secos, productos de salchichonería, vinos, leguminosas, frutas, leche y derivados.

Las aflatoxinas tienen una gran actividad cancerígena, teratogénica y mutagénica. El principal síndrome que producen es el hepatotóxico, pudiendo también provocar problemas renales. Los principales órganos afectados son; hígado, riñón y cerebro (Gimeno y Martins, 2001).

Las aflatoxinas B y G emiten luz ultravioleta de onda larga, excitándose a 225-365 nm y emitiendo a 425-450 nm, con la cual pueden ser observadas con una lámpara fluorescente, produciendo luz azul o verde, de donde toman el nombre de B (blue) y G (green) según el caso (Santos, 1999).

#### **4.4.3 Fumonisin**

Las fumonisin son producidas esencialmente por *Fusarium moniliforme*. Existen seis tipos de fumonisin, la B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> (Gimeno y Martins, 2001). Sin embargo, las que suelen encontrarse con más frecuencia y las más importantes por su toxicidad son la fumonisin B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>) y la fumonisin B<sub>2</sub> (FB<sub>2</sub>). La mayor producción de fumonisin tiene lugar en sustratos con una actividad de agua superior a 0,91 y a una temperatura comprendida entre 15 y 25 °C. Las fumonisin resisten temperaturas de hasta 150 °C, en función del tiempo de permanencia a esas temperaturas y del pH del sustrato. Además, son muy polares y solubles en agua y acetonitrilo (Gimeno, 2009).

La FB<sub>1</sub> y la FB<sub>2</sub> pueden encontrarse como contaminantes naturales en los cereales (principalmente en el maíz y sus subproductos). Los principales síndromes que producen son: neurotóxicos (leuconecefalomalacia), edema pulmonar y cerebral, hepatotóxicos y lesiones cardíacas. Los órganos afectados son: el cerebro, pulmón, hígado, riñón y corazón (Gimeno y Martins, 2001).



---

El mecanismo de acción tóxica de las fumonisinas se atribuye a la interferencia con el metabolismo de la esfingosina y la esfinganina, lo que perturba el metabolismo de los esfingolípidos. Los esfingolípidos tienen una gran importancia en la regulación de las células y en el control de proteínas de membrana celular, son mediadores del crecimiento celular, de la diferenciación y muerte de las células (Sharma, 2004).

Las fumonisinas pueden alterar la concentración y la proporción entre la esfinganina y la esfingosina de forma que se disminuye la biosíntesis de la esfingosina y se acumula esfinganina. Estas micotoxinas pueden, en células eucarióticas, bloquear la biosíntesis de los esfingolípidos complejos, que son la base de formación de mensajeros secundarios que controlan los diferentes procesos entre células, tales como la activación y desactivación de proteínas específicas y la expresión genética (Gimeno, 2009).

El *Fusarium verticillioides* que fue aislado por primera vez por Sheldon en Estados Unidos en 1904 como *Fusarium moniliforme*, es asociado con leucoencefalomalacia (Desjardins, 2006).

Se ha documentado que el consumo de cereales contaminados por fumonisinas está relacionado con elevadas incidencias de cáncer esofágico en humanos en África, Asia y Latinoamérica (Desjardins, 2006).

#### **4.4.4 Métodos de análisis para micotoxinas**

La importancia del análisis de micotoxinas en alimentos reside en el cumplimiento de las reglamentaciones y en la verificación de los sistemas de control de seguridad alimentaria con el fin de preservar la salud de la población. Los métodos normalizados de análisis para diferentes micotoxinas han sido recomendados por parte de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (Association of Official Analytical Chemists AOAC) (AOAC, 2006), y el Comité Europeo de Normalización (European Committee for Standardization). Como Métodos Oficiales de la AOAC Internacional se pueden encontrar alrededor de cuarenta



---

métodos validados para análisis de micotoxinas mientras que el Comité Europeo de Normalización ha publicado un documento con criterios específicos para varios métodos de análisis de micotoxinas. Los análisis de micotoxinas requieren un alto grado de exactitud, precisión y reproducibilidad (Soriano del Castillo, 2007).

#### **a) Técnicas de extracción y purificación**

Las micotoxinas en los alimentos presentan una distribución muy heterogénea, por lo que se requiere una cuidadosa homogeneización de la matriz previa a la extracción de los residuos que se encuentran en concentraciones muy bajas. La alta complejidad de los alimentos, donde se encuentran presentes cantidades importantes de proteínas, lípidos, carbohidratos, agua y otros componentes minoritarios requiere de una purificación para eliminar las sustancias interferentes. A continuación se muestran algunas técnicas de extracción y purificación.

- ◆ Extracción en fase sólida convencional
- ◆ Extracción con columnas Mycosep
- ◆ Dispersión de la matriz en fase sólida
- ◆ Microextracción de fase sólida
- ◆ Extracción con columnas de intercambio iónico
- ◆ Extracción con columnas de inmunoafinidad
- ◆ Extracción asistida por microondas
- ◆ Inmunoensayos
- ◆ Radio Immuno Assay (RIA)
- ◆ Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)
- ◆ Biosensores
- ◆ Óptico
- ◆ Piezoeléctrico





## b) Técnicas de Confirmación (Cuantitativos y Cualitativos)

Estas pruebas tienen como objetivo verificar y confirmar los resultados. La elección de la técnica utilizada para la confirmación depende de la disponibilidad, el tiempo y costos (Soriano del Castillo, 2007).

En la siguiente tabla se mencionan los métodos de confirmación de micotoxinas, así como su fundamento.

**Tabla 5. Métodos de confirmación de micotoxinas**

<b>Métodos</b>	<b>Fundamento</b>
<b>Cromatografía en capa fina</b>	Se basa en la diferencia entre las fuerzas de adhesión de las moléculas de los componentes a una fase móvil (disolvente) y a una fase estacionaria (la llamada capa fina, que puede ser papel o gel de sílice). Esta diferencia se traduce en un mayor o menor desplazamiento o movilidad de cada componente individual, lo cual permite su separación e identificación.
<b>Cromatografía líquida de alta resolución</b>	Es un método físico de separación basado en la distribución de los componentes de una mezcla entre dos fases inmiscibles, una fija o estacionaria y una móvil. La cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) es de los métodos más utilizados en la actualidad. Se caracterizan por tener gran sensibilidad, capacidad para proporcionar determinaciones cuantitativas exactas, gran utilidad a la hora de separar sustancias no volátiles o termolábiles (Soriano del Castillo, 2007).
<b>Electroforesis capilar</b>	Se basa en la migración de las moléculas polares en el interior de un capilar en cuyo interior fluye disolución tampón, cuando se le aplica una corriente eléctrica. La migración de un determinado ion depende de la relación carga-tamaño.



### **Cromatografía de gases**

Se basa en la separación de compuestos en función de su volatilidad y afinidad por la fase estacionaria (Soriano del Castillo, 2007).

#### **4.4.5 Legislación de las micotoxinas**

Los niveles permitidos por FDA (Food and Drug Administration) en EUA para aflatoxinas totales en los alimentos es de máximo 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y en la leche no más de 0.05 ppb de aflatoxina  $M_1$ . La Comisión Europea ha establecido un estándar de aflatoxina total de 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en alimentos, considerado más preventivo que cualquier norma nacional o internacionales actualmente existentes.

La FDA ha establecido que en fumonisinas el nivel aceptable es 2 mg/kg para alimentos de consumo humano. Sin embargo en la actualidad, existen muy pocas regulaciones en otras naciones con respecto a los niveles aceptables de fumonisinas (Barug, *et al.*, 2006).

El contenido de aflatoxinas en alimentos esta regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA1-2002. Productos y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal, y establece que los cereales no deben excederse de 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de aflatoxinas totales, sin embargo para el caso particular de fumonisinas no existe una norma que regule la cantidad.

En la Tabla 6. Se resumen los niveles máximos permisibles de diferentes micotoxinas según el tipo de producto alimenticio.



**Tabla 6. Nivel máximo permisible de micotoxinas en alimentos**

<b>Micotoxina</b>	<b>Producto</b>	<b>Niveles comunes (mg/kg)</b>	<b>Niveles con episodios tóxicos (mg/kg)</b>	<b>Niveles permisibles por la FDA</b>
<b>Aflatoxinas</b>	cacahuete	4 a 6	30 - 125	20 ppb (µg/kg) en alimentos; 0.5 aflatoxina M1 en leche
	mantequilla de maní	10	14 - 213	
	cacahuete azucarado	20	30-230	
	maíz	> 20	NA	
<b>Fumonisinias</b>	Productos de maíz	1 – 12	> 20000	2 ppm en germen seco maíz molido; 4 ppm maíz entero, salvado maíz y masa parcialmente desgerminada
	Maíz	30 - 2000		
	Cereales para el desayuno	800 µg/kg (UE)	No reportado	
<b>Ocratoxina A</b>	Cebada	< 3	> 25 (Riñón del cerdo)	Ningún nivel es permisible
	Trigo	210-2900 harina pan (trazas)	3800 (cebada en la Republica Checa)	
	Maíz			
<b>Patulina</b>	Jugo de manzana	9-146	1000	50 ppb (µg/kg). Jugo manzana o jugo de manzana como ingrediente
<b>Tricoticonos</b>	Harina de trigo	170-400	38000	1 ppm deoxynivalenol productos terminados trigo
	Harina de maíz	100-400	84000 (importaciones)	
	Palomitas maíz. Pan	80		

Fuente: Sharma, 2004



---

## **5.0 Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar diferentes tipos de cereales para desayuno respecto a la concentración de aflatoxinas y fumonisinas, así como determinar la micobiota de muestras colectadas en la Central de Abastos de Tultitlán y el Mercado del Carmen dos de los principales centros de distribución del municipio de Cuautitlán Izcalli, con el fin de llevar a cabo un diagnóstico para determinar si cumplen con la calidad esperada y así conocer el riesgo al que los consumidores se encuentran expuestos por el consumo de sustancias tóxicas con alta actividad cancerígena y mutágena.

### **Objetivo Particular 1.**

Determinar la concentración de aflatoxinas y fumonisinas en cereales para desayuno por el método de columna de inmunoafinidad con el fin de llevar a cabo un diagnóstico para determinar si cumplen con la calidad esperada.

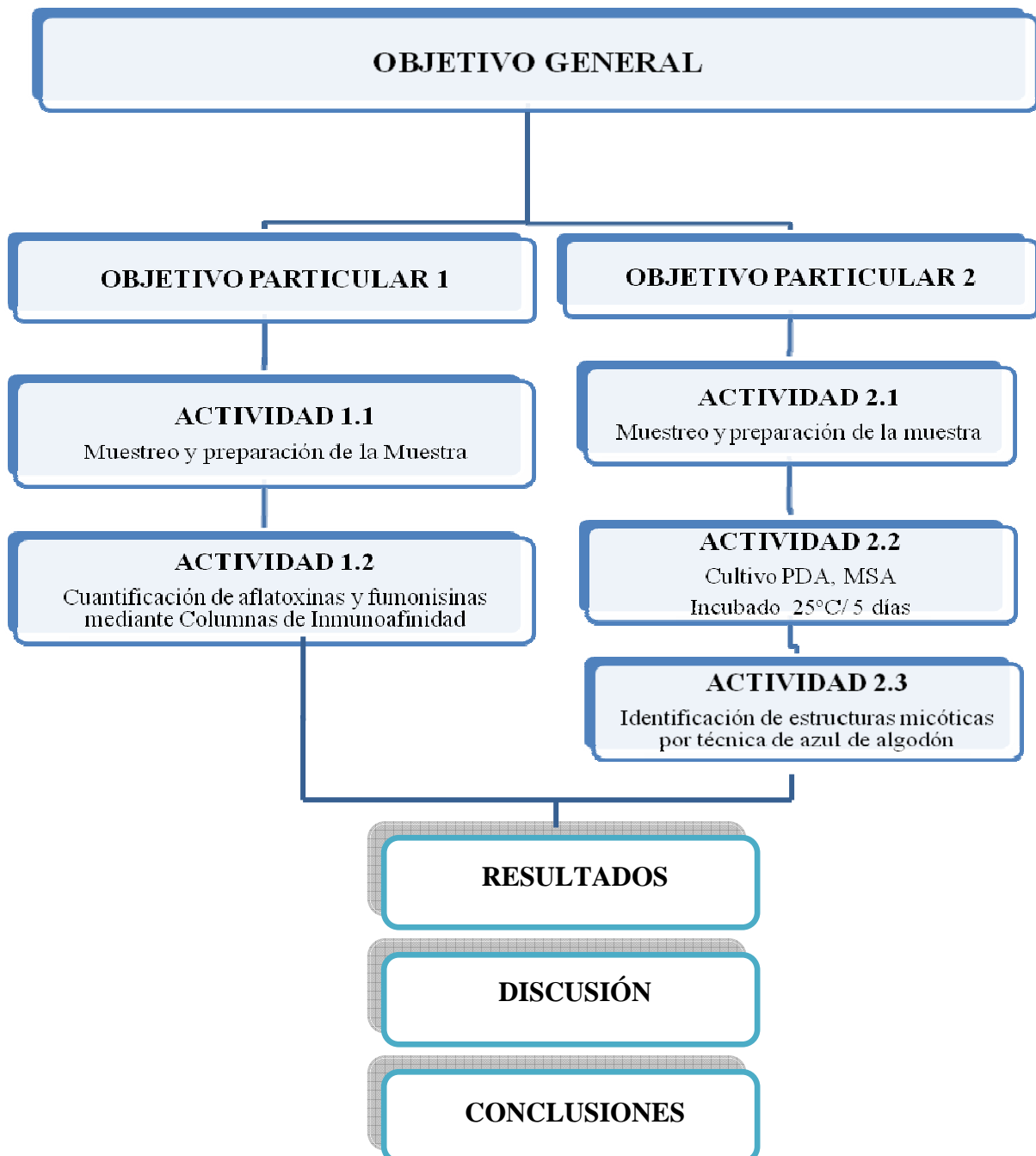
### **Objetivo Particular 2.**

Determinar la micobiota presente en muestras de cereales para desayuno mediante la técnica de siembra directa para identificar las especies de hongos, particularmente aquellas con capacidad micotoxigénica reportada.



## 6.0 Metodología

### 6.1.0 Cuadro metodológico





---

## 6.2.0 Desarrollo experimental

En el cuadro metodológico (6.1.0) se muestra la metodología seguida para la realización de este proyecto.

### 6.2.1 Muestreo y preparación de la muestra (Actividad 1.1, Actividad 2.1)

#### 6.2.1.1 Muestreo

Se llevó a cabo el muestreo en la Central de Abastos de Tultitlán y Mercado del Carmen, dos de los principales centros de distribución del municipio de Cuautitlán Izcalli. En cada ubicación se muestrearon el total de locales de distribución en donde son vendidos los cereales para desayuno a granel.

Se tomaron muestras de cuatro variedades a granel de cereales para desayuno que a continuación se presentan:

- Corn Flakes (Hojuelas de Maíz). Identificada como **a**.
- Corn Flakes con Azúcar (Hojuelas de Maíz Azucaradas). Identificada como **b**.
- Corn Flakes con Chocolate (Hojuelas de Maíz con Chocolate) Identificada como **c**.
- Arroz Inflado con Chocolate. Identificada como **d**.

Los anteriores cereales para desayuno se seleccionaron debido a que son los productos mayormente comercializados en México (Palma, 2009).

De cada envase a granel se tomaron por cada variedad de cereal una muestra representativa de tamaño "n", calculada a partir de la expresión (Münch, 1997):

$$n = [Z^2 p q N] / [N e^2 + Z^2 p q ]$$



$n$  = tamaño de muestra a tomar en gramos (g)

$N$  = tamaño de la población en gramos

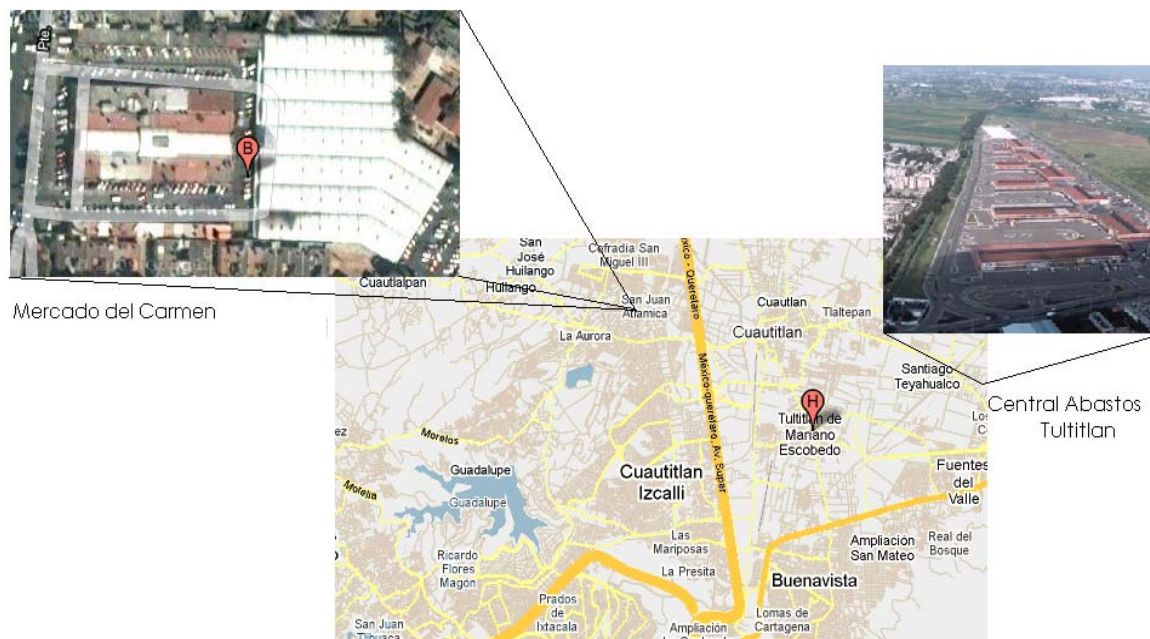
$p = 0.95$  y  $q = 0.05$ , como factores de probabilidad de muestra representativa

$Z = 1.96$  como valor estadístico para un 90 % de nivel de confiabilidad

$e = 0.05$  como nivel de error de estimación

De esta manera los tamaños de muestra ( $n$ ) de cada variedad de cereal para desayuno fueron de 150 g por envase a granel evaluado. Los tamaños de muestra fueron perfectamente homogenizados, triturados y posteriormente por técnica de cuarteo se tomaron las fracciones de tamaños de muestras requeridos para los ensayos siguientes.

En la Figura 18. se muestra la localización de los dos centros de distribución de estudio.



**Figura 18. Localización de los Centros de Distribución: Mercado del Carmen y Central de Abastos de Tultitlán**



### A) Muestreo en Mercado del Carmen

En el Mercado del Carmen se realizó el muestreo en dos locales como se observa en la Figura 19, en la cual se obtuvieron de cada local los cuatro diferentes cereales para desayuno de estudio (a, b, c, d). La compra de cada tipo de cereal de desayuno fue realizada por triplicado, y la muestra fue tomada en la parte superior de la cantidad total que se vende de cereal para desayuno a granel.

En la Figura 19 se muestra la distribución por áreas de venta del Mercado del Carmen, así como los locales en donde se realizó la toma de las muestras.

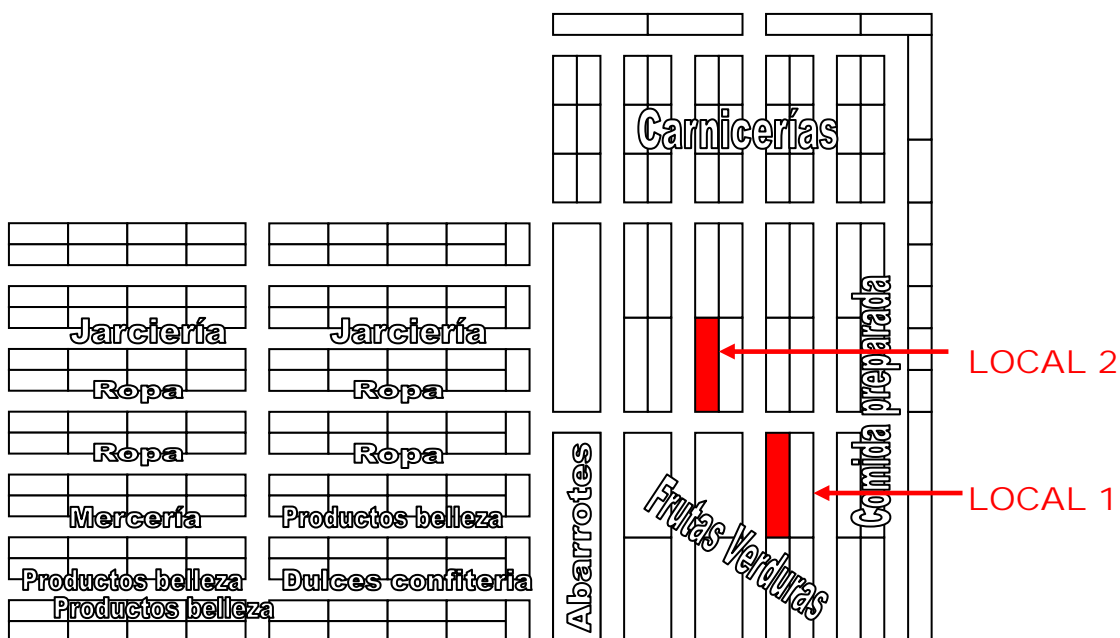


Figura 19. Ubicación de los locales de venta de cereales para desayuno a granel en el Mercado del Carmen.





A continuación se describen los locales donde se tomaron las muestras de cereales para desayuno en el Mercado del Carmen así como las condiciones de higiene del local.

**LOCAL 1.** La toma de las muestras fue realizado en un local en donde a sus alrededores se encuentran lugares de venta de verduras y leguminosas. Al momento de la compra de las muestras existía mucho flujo de personas, como se puede mostrar en la Figura 20. En el local frontal se detectó la evidencia de fauna nociva (cucarachas), en donde se realiza la venta de frutas y verduras, como se puede apreciar en la Figura 21. En el local frontal se observó excesiva suciedad, como se presenta en la Figura 22.



**Figura 20.** Ubicación del local 1 muestreado en el Mercado del Carmen



**Figura 21. Evidencia de plagas en el local frontal al muestreado**



**Figura 22. Local de venta frontal al muestreado muy sucio**



**LOCAL 2.** Los cereales para desayuno a granel se encontraron expuestos al momento del muestreo, como se muestran en la Figura 23. Los cereales para desayuno a granel podrían estar contaminados debido a que se observó mala manipulación al momento de la venta.



**Figura 23.** Ubicación del local 2 muestreado en el Mercado del Carmen



Al momento del muestreo se realizó una inspección visual general del Mercado del Carmen y se observaron los siguientes puntos: los techos se encuentran extremadamente sucios ubicados arriba de los locales muestreados (Figura 24). Se detectó basura y restos orgánicos cercanos a los puntos de venta de productos alimenticios, como se muestra en la Figura 25, así como se observó la evidencia de plagas (perros) dentro de puntos de venta (Figura 26).



**Figura 24. Techos extremadamente sucios, ubicados arriba del local muestreado**



**Figura 25. Basura y restos orgánicos cercanos a los puntos de venta de productos alimenticios**



**Figura 26. Evidencia de perros dentro de puntos de venta**



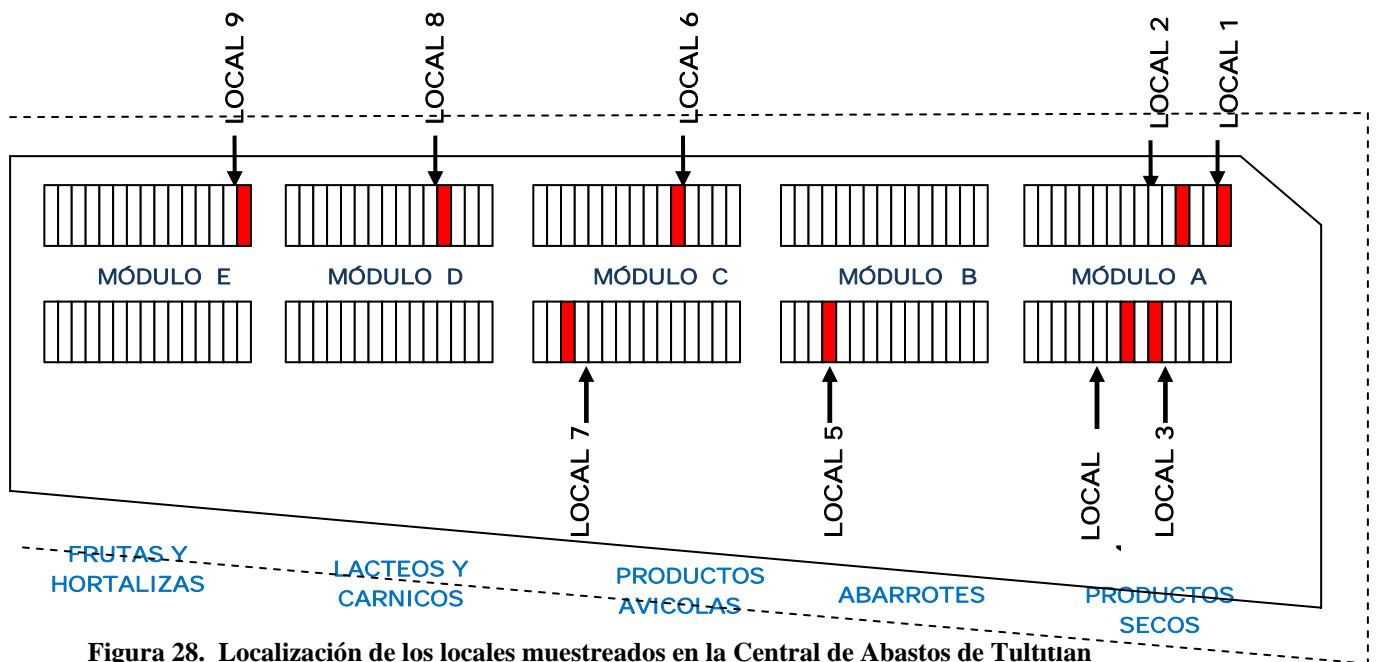
## B) Muestreo en la Central de Abastos de Tultitlán

En la Central de Abastos de Tultitlán se realizó el muestreo en nueve locales, debido a que fueron el número de sitios donde se vendían cereales para desayuno a granel.

La Central de Abastos de Tultitlán se caracteriza por estar clasificada en 5 Módulos, como se observa en la Figura 27: A (Productos Secos), B (Abarrotes), C (Productos Avícolas), D (Lácteos y Cárnicos), E (Frutas y Hortalizas). Sin embargo dicha clasificación no es respetada, ya que la mayoría de los locales muestreados para cereales para desayuno, no se encuentran en el Módulo indicado como se muestra en la Figura 28. Se pueden apreciar los locales donde se tomaron las muestras, las cuales se encuentran marcadas de color rojo.



Figura 27. Distribución por Módulos locales en la Central de Abastos de Tultitlán



**Figura 28. Localización de los locales muestreados en la Central de Abastos de Tultitlán**

A continuación se describen los locales donde se tomaron las muestras de cereales para desayuno en la Central de Abastos de Tultitlán así como la descripción de las condiciones de higiene del local.

**LOCAL 1.** En el lugar de la toma de las muestras, se encontró un registro de desagüe abierto y sucio, el cual está localizado en el local de venta de los cereales para desayuno. Esto es de carácter preocupante debido a que podría provocar la presencia de plagas, y contaminación hacia el producto.



**Figura 29. Registro de desagüe sucio en el**

**local 1 en la Central de Abastos de Tultitlán**



---

**LOCAL 2.** En el lugar donde se obtuvieron las muestras del local 2 se encontró el piso sucio, lo que podría ayudar la propagación de plagas y contaminación (Figura 30).



**Figura 30. Evidencia de piso sucios en el local 2 de la Central de Abastos de Tultitlán**

**LOCAL 3.** En la Figura 31 se observó que el producto a la veta (cereales para desayuno) se encontraron abiertos (cereales para desayuno). El producto expuesto tiene contacto directo con el ambiente y en la parte inmediata posterior se encontró un estante de zapatos.





**Figura 31. Producto a la venta abierto en el local 3 de la Central de Abastos de Tultitlán**

**LOCAL 4.** Se puede observar en la Figura 32 que el registro de desagüe, localizado dentro del local, se encontró muy sucio y con de basura.



**Figura 32. Registro de desagüe localizado en el local 4 en la Central de Abastos de Tultitlán**



**LOCAL 5.** Los cereales para desayuno se encontraron con mala manipulación a la venta (como se muestra en la Figura 33), es decir, el producto estaba abierto junto al pasillo donde los clientes transitaban.



**Figura 33. Cereales para desayuno abierto en punto de venta del local 5 en la Central de Abastos de Tultitlán**

**LOCAL 6.** En el lugar de venta donde se obtuvieron las muestras se encontraron abiertos los cereales para desayuno granel (sin protección al producto), así como la mala manipulación de producto, es decir el personal que vende los cereales para desayuno, no hace uso de guantes, o alguna protección para evitar la contaminación del producto. Las instalaciones (pisos) se encuentran muy sucios.



**Figura 34. Producto en exhibición (cereales para desayuno) abierto a la venta en el local 6**

**LOCAL 7.** La Figura 35 presenta la evidencia de basura y materia orgánica en descomposición en el local 7. Fue el lugar donde se tomaron las muestras de cereales para desayuno.



**Figura 35. Basura en el local de venta**



**LOCAL 8.** Apreciación del local de venta de cereales para desayuno con restos de basura en piso, casi en contacto con el producto, donde se realizó el muestreo 8.



**Figura 36.** Basura en el local de venta de cereales para desayuno

**LOCAL 9.** Como se muestra en la Figura 37, se detectó que el local 9, no se encontraba en el lugar adecuado para venta de cereales para desayuno, esto debido a que el sitio de venta tendría que estar en el Modulo A (venta de productos secos), sin embargo se encontraba en el Módulo E (venta de productos no alimenticios).



**Figura 37. Lugar no adecuado del local de venta de cereales para desayuno**

### **6.2.1.2 Preparación de la muestra**

Las muestras obtenidas fueron transportadas a la Unidad de Granos y Semillas (UNIGRAS) en el Centro de Asimilación Tecnológica de FES- Cuautitlán –UNAM. Las muestras se etiquetaron indicando el tipo de cereal de desayuno y el centro de distribución de procedencia. Posteriormente se homogeneizaron y pulverizaron en un molino eléctrico marca Oster Clásica 412, se almacenaron de forma individual, en recipientes herméticamente cerrados en un lugar seco, a temperatura ambiente y sin luz para lograr su conservación a lo largo del trabajo experimental.

Para la realización de la microbiota de los cereales de desayuno se realizó un homogeneizado de los triplicados obtenidos por local muestreado.



---

### **6.3.0 Métodos de análisis**

#### **6.3.1 Determinación y cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisin (Actividad 1.2)**

##### **A) Determinación de Aflatoxinas**

La cuantificación de aflatoxinas se llevó a cabo de acuerdo al método reportado en el AOAC 991.31 (2006), empleando columnas con anticuerpos monoclonales.

La determinación de aflatoxinas se realizó para establecer la calidad de los cereales para desayuno. De esta manera se estableció si cada uno de los cereales para desayuno comercializados en la Central de Abastos de Tultitlán y el Mercado del Carmen son aptos para el consumidor y si cumplen con la norma de contenido máximo permitido de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal (NOM-188-SSA1-2002).

Se realizó la extracción colocando 50 g de la muestra en el vaso de licuadora, 100 ml de metanol/agua al 80 %, 5 g NaCl, se homogenizó por 1 min. Esta molienda se filtró en papel Whatman No.1. De este filtrado se tomaron 10 ml y se llevó a un volumen de 50 ml con agua destilada, después se volvió a filtrar con papel microfibra. De este filtrado se tomaron una alícuota de muestra de 10 ml y se pasaron a través de la columna de inmunoafinidad Aflatest, la columna fue lavada con 20 ml de agua destilada, posteriormente se le agregó 1 ml de metanol grado HPLC. A la muestra obtenida se le añadió 1 ml de revelador (Bromuro 0.03 %), se agitó y después se realizó la lectura en el fluorómetro obteniendo el resultado en ppb ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ). (Aflatest, 2006)



---

## **B) Determinación de Fumonisin**

La cuantificación de las fumonisin se llevo a cabo por medio de la técnica de columnas de inmunoafinidad para fumonisin. Para ello se realizó la extracción colocando en un vaso de licuadora 50 g de muestra molida, 100 ml de metanol al 80%, 5 g de NaCl, se homogenizó en licuadora por 1 min. Posteriormente se filtró a través de papel Whatman No. 1, se tomaron 10 ml y se llevó a un volumen de 50 ml con solución buffer de fosfatos/tween-20 al 0.1%, nuevamente se filtro la solución con filtro de microfibra de 0.1µm., se tomaron 10 ml y se pasaron a través de la columna de Fumonitest. Después la columna se lavó pasando 10 ml de la solución buffer de fosfatos/tween-20 al 0.1%. El segundo lavado se realizó pasando 10 ml de solución buffer de fosfatos. Posteriormente a la columna se le agregó 1 ml de metanol grado HPLC el cual fue recolectado. Al eluido se le agregó 1 ml de revelador se homogenizó y se colocó en el fluorómetro (VICAM) y se obtuvo la lectura 4 minutos después en unidades de ppm (mg/kg) (Fumonitest, 2006).

### **6.3.2 Técnica de siembra directa (Actividad 2.2)**

Con la finalidad de realizar la micobiota de los cereales de desayuno, se efectuó un homogeneizado de las muestras que se muestrearon por triplicado. Después se procedió a sembrar las muestras en trozos pequeños en un medio de cultivo sólido seleccionado e incubar a 25°C durante 5 días, hasta que el crecimiento fue completado las colonias se identificaron. Se realizaron las siembras directas por medio de dos medios de cultivo: el agar dextrosa papa (PDA) y el agar malta sal (MSA). El primer medio de cultivo es un medio general empleado para aislar hongos de campo, y el segundo es un medio de alta concentración osmótica, por lo que es utilizado para aislar hongos de almacén capaces de crecer en productos con contenido de humedad muy bajo, como es el caso de los cereales para desayuno en estudio (Moreno, 1993).



---

### **6.3.3 Técnica de aislamiento de hongo**

Partiendo de los diferentes crecimientos miceliales, se resembraron individualmente en cajas petri con agar PDA con la técnica de puntos aislados, la cual es específica para crecimiento de hongos. La incubación fue a 28°C durante 5 días. Por último se seleccionaron las placas que contenían crecimiento de hongos filamentosos, procediendo así al aislamiento (Moreno, 1993).

### **6.3.4 Identificación de estructuras micóticas (Actividad 2.3)**

Para observar las estructuras microscópicas se procedió por medio de la técnica de tinción con azul de algodón lactofenol (0.1%). La identificación de las estructuras micóticas se realizó en base a las características morfológicas: tamaño y forma de las cabezas conidiales, morfología de los conidióforos y se comparó contra manuales de identificación (Moreno, 1998).





---

## 7.0 Resultados y Discusiones

### 7.1.0 Determinación de Aflatoxinas y Fumonisinas

La cuantificación de aflatoxinas se realizó mediante el método de columnas de inmunoafinidad Aflatest, método de referencia por el AOAC 991.31, y permiten la medición de todas las aflatoxinas (B1, B2, G1 y G2), sin utilizar solventes tóxicos como cloroformo o cloruro de metileno, es un método cuantitativo rápido, simple, seguro y preciso. Para la determinación de fumonisinas se utilizó Fumonitest acreditado por AOAC 2001.04.

#### **Cuantificación de aflatoxinas y fumonisinas en cereales para desayuno empacados de marcas comerciales.**

De manera preliminar se realizaron determinaciones de aflatoxinas y fumonisinas en los cereales para desayuno que se encontraban empacados de marcas comerciales, como se muestra en la Tablas 7 y 8.

Se tomaron muestras las cuatro variedades comerciales de cereales para desayuno de la marca Kellogg's: (Corn Flakes, Zucaritas, Chococripsis) y ChocoFlakes (Maizoro). Se analizaron tres paquetes por cada variedad de cereal, de un mismo lote y fecha de fabricación. De cada paquete de 200 g se tomaron por cada variedad de cereal una muestra representativa de tamaño "n", calculada a partir de la expresión:

$$n = [Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N] / [N \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q]$$



**Tabla 7. Datos obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas de los cereales para desayuno empacados de marcas comerciales**

DESCRIPCIÓN	AFLATOXINAS (ppb)			
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio total
Corn Flakes (marca Kellog's)	0	0	0	0
Zucaritas (marca Kellog's)	0	0	0	0
Choco Flakes (marca Maizoro)	0	0	0	0
Chococrispis (marca Kellog's)	0	0	0	0

**Tabla 8. Datos obtenidos de la cuantificación de fumonisinas de los cereales para desayuno empacados de marcas comerciales**

DESCRIPCIÓN	FUMONISINAS (ppm)			PROMEDIO TOTAL
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
Corn Flakes (marca Kellog's)	0	0	0	0
Zucaritas (marca Kellog's)	0	0	0	0
Choco Flakes (marca Maizoro)	0	0	0	0
Chococrispis (marca Kellog's)	0	0	0	0

Como se muestra en las Tablas 7 y 8, no se encontró la presencia de aflatoxinas ni fumonisinas en muestras de cereales para desayuno empacados de marcas comerciales. Esto podría ser debido a que no existe un contacto directo con el ambiente, y así se evita la contaminación de hongos y presencia de micotoxinas. Es decir los cereales para desayuno de marcas comerciales empacados no contienen toxinas y son aptos para el consumo.

En la Tabla 9 se muestra los resultados obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas realizadas en cereales para desayuno del Mercado del Carmen. Se reportan las tres repeticiones que se realizaron, promedio, desviación estándar (D.E.) y coeficiente de variación (C.V.).



### 7.1.1 Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinias de los cereales para desayuno en el Mercado del Carmen

En las Tablas 9 y 10 se presentan los datos obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas y fumonisinas de las muestras del Mercado del Carmen.

**Tabla 9. Datos obtenidos de la cuantificación de Aflatoxinas de los cereales para desayuno en el Mercado del Carmen**

LOCAL	TIPO	DESCRIPCIÓN	AFLATOXINAS (ppb)					
			Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio total	D.E.	C.V.
LOCAL 1	a	Corn Flakes	1	2	1	1.33	0.57735	0.4341
	b	Corn Flakes Azucarados	1	3	3	2.33	1.15470	0.4956
	c	Corn Flakes Chocolate	4	10	5	6.33	3.21455	0.5078
	d	Arroz Inflado Chocolate	6	8	7	7.00	1.00000	0.1429
LOCAL 2	a	Corn Flakes	3	3	2	2.67	0.57735	0.2162
	b	Corn Flakes Azucarados	3	3	2	2.67	0.57735	0.2162
	c	Corn Flakes Chocolate	4	5	5	4.67	0.57735	0.1236
	d	Arroz Inflado Chocolate	10	7	10	9.00	1.73205	0.1925

La Tabla 9 se muestran los datos obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas en los diferentes cereales para desayuno en el Mercado del Carmen, la concentración de aflatoxinas osciló entre 1.33 a 9.00 ppb, siendo el Arroz Inflado de Chocolate de la muestra 2 la de mayor concentración de aflatoxinas al tener 9.00 ppb y los Corn Flakes de la muestra 1 con la menor concentración de aflatoxinas al tener 1.33 ppb.



Debido a la presencia del hongo y toxina en el ambiente, la proliferación de micotoxinas en los cereales se considera un problema casi inevitable, 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 de aflatoxinas para cereales (NOM-188-SSA1-2002), y en el caso de fumonisinas no hay reglamentación.

En la Tabla 10 se observa que los promedios obtenidos de la cuantificación de fumonisinas de los diferentes cereales para desayuno en Mercado del Carmen, la concentración de fumonisinas osciló entre 1.00 a 1.67 ppm, siendo los Corn Flakes con Chocolate de la muestra 1 y 2 con la mayor concentración de fumonisinas al tener 1.67 ppm.

**Tabla 10. Datos obtenidos de la cuantificación de Fumonisinas de los cereales para desayuno en el Mercado del Carmen**

LOCALES	TIPO	DESCRIPCIÓN	FUMONISINAS (ppm)					
			Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	D.E.	C.V.
LOCAL 1	a	Corn Flakes	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	2	1	2	1.67	0.5774	0.3457
	d	Arroz Inflado Chocolate	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
LOCAL 2	a	Corn Flakes	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	1	2	2	1.67	0.5774	0.3457
	d	Arroz Inflado Chocolate	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000



---

En México no se ha realizado una normatividad que regule el contenido de fumonisinas en cereales para desayuno lo cual indica que no existe una obligación por parte de las empresas a cumplir una normatividad con respecto a estas micotoxinas. La Unión Europea regula el contenido de fumonisinas en productos del maíz por medio de la Reglamento (CE) No 1126/2007, en donde menciona que el contenido de fumonisinas totales máximos en cereales para desayuno debe ser de 0.8 ppm (Reglamento Unión Europea CE No 1126/2007). Con base a lo anterior los datos de fumonisinas en los diferentes cereales de desayuno a granel analizados del Mercado del Carmen (reportados en la Tabla 10), se encuentran por arriba del nivel establecido por la Unión Europea. Concluyendo que todas las muestras analizadas de este lugar están contaminadas con fumonisinas.

De acuerdo a Gallardo *et al.*, (2006), en un estudio realizado en México a 76 muestras de maíz que se usarían como materia prima para cereales para desayuno, reportaron concentraciones de fumonisinas detectadas hasta 3.4 ppm, lo cual es indicativo de que la materia prima para la realización de cereales para desayuno se encuentra contaminada de fumonisinas a la consecuencia de que el producto final contenga estas micotoxinas.

De acuerdo a la bibliografía en un estudio realizado en los supermercados, se recolectaron 45 muestras de cereales para el desayuno en donde se detectaron fumonisinas, no sólo en copos de maíz, sino también en los productos que contienen avena o arroz, cuantificando hasta 1110 µg/kg de fumonisinas (Molinié A., *et al.*, 2005).



### 7.1.2 Cuantificación de Aflatoxinas y Fumonisinias de los cereales para desayuno en la Central de Abastos Tultitlán

A continuación se presentan los datos obtenidos de la cuantificación de Aflatoxinas de los cereales para desayuno en la Central de Abastos de Tultitlán.

**Tabla 11. Datos obtenidos de la cuantificación de Aflatoxinas de los cereales para desayuno en la Central de Abastos de Tultitlán**

LOCALES	TIPO	DESCRIPCIÓN	AFLATOXINAS (ppb)			PROMEDIO	D.E.	C.V.
			Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3			
LOCAL 1	a	Corn Flakes	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	2	3	2	2.33	0.5774	0.2478
	d	Arroz Inflado Chocolate	2	4	2	2.67	1.1547	0.4325
LOCAL 2	a	Corn Flakes	0	1	1	0.67	0.5774	0.8617
	b	Corn Flakes Azucarados	2	2	1	1.67	0.5774	0.3457
	c	Corn Flakes Chocolate	2	4	2	2.67	1.1547	0.4325
	d	Arroz Inflado Chocolate	7	8	7	7.33	0.5774	0.0788
LOCAL 3	a	Corn Flakes	2	1	2	1.67	0.5774	0.3457
	b	Corn Flakes Azucarados	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	3	4	3	3.33	0.5774	0.1734
	d	Arroz Inflado Chocolate	3	3	3	3.00	0.0000	0.0000
LOCAL 4	b	Corn Flakes Azucarados	1	1	2	1.33	0.5774	0.4341
	c	Corn Flakes Chocolate	6	5	6	5.67	0.5774	0.1018
	d	Arroz Inflado Chocolate	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
LOCAL 5	a	Corn Flakes	3	3	2	2.67	0.5774	0.2162
	b	Corn Flakes Azucarados	1	1	2	1.33	0.5774	0.4341
	c	Corn Flakes Chocolate	5	4	6	5.00	1.0000	0.2000



LOCAL 6	a	Corn Flakes	4	2	3	3.00	1.0000	0.3333
	b	Corn Flakes Azucarados	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	3	3	3	3.00	0.0000	0.0000
	d	Arroz Inflado Chocolate	7	7	7	7.00	0.0000	0.0000
LOCAL 7	a	Corn Flakes	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	2	1	2	1.67	0.5774	0.3457
	c	Corn Flakes Chocolate	3	2	3	2.67	0.5774	0.2162
	d	Arroz Inflado Chocolate	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
LOCAL 8	a	Corn Flakes	3	3	2	2.67	0.5774	0.2162
	b	Corn Flakes Azucarados	1	1	2	1.33	0.5774	0.4341
LOCAL 9	b	Corn Flakes Azucarados	2	2	1	1.67	0.5774	0.3457
	d	Arroz Inflado Chocolate	6	8	7	7.00	1.0000	0.1429

En la Tabla 11 se observan nueve locales evaluados de la Central de Abastos Tultitlán, en donde los promedios obtenidos de la cuantificación de aflatoxinas de los diferentes cereales para desayuno, osciló entre 0.67 a 7.33 ppb, siendo el Arroz Inflado de Chocolate de la muestra 2 con la mayor concentración de aflatoxinas al tener 7.33 ppb y los Corn Flakes de la muestra 2 con la menor concentración de aflatoxinas al tener 0.67 ppb.

Los datos de aflatoxinas de cereales para desayuno a granel, reportados en la Tabla 11, se encuentran dentro del valor permitido de 20 ppb exigido por la NOM-188-SSA1-2002 (Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal), cumpliendo con lo establecido en la normatividad mexicana.



**Tabla 12. Datos obtenidos de la cuantificación de Fumonisin de los cereales para desayuno en la Central de Abastos de Tultitlán**

LOCALES	TIPO	DESCRIPCIÓN	FUMONISINAS (ppm)					
			Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	PROMEDIO	D.E.	C.V.
LOCAL 1	a	Corn Flakes	6	0	1	2.33	3.2146	1.3796
	b	Corn Flakes Azucarados	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	0	0	1	0.33	0.5774	1.7495
	d	Arroz Inflado Chocolate	1	0	0	0.33	0.5774	1.7495
LOCAL 2	a	Corn Flakes	0	0	0	0.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	0	0	1	0.33	0.5774	1.7495
	c	Corn Flakes Chocolate	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	d	Arroz Inflado Chocolate	0	1	1	0.67	0.5774	0.8617
LOCAL 3	a	Corn Flakes	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	d	Arroz Inflado Chocolate	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
LOCAL 4	b	Corn Flakes Azucarados	0	0	0	0.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	0	0	1	0.33	0.5774	1.7495
	d	Arroz Inflado Chocolate	0	0	0	0.00	0.0000	0.0000
LOCAL 5	a	Corn Flakes	2	2	2	2.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	2	2	1	1.67	0.5774	0.3457
	c	Corn Flakes Chocolate	0	0	0	0.00	0.0000	0.0000
LOCAL 6	a	Corn Flakes	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	b	Corn Flakes Azucarados	0	0	1	0.33	0.5774	1.7495
	c	Corn Flakes Chocolate	0	0	0	0.00	0.0000	0.0000
	d	Arroz Inflado Chocolate	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
LOCAL 7	a	Corn Flakes	3	3	2	2.67	0.5774	0.2162
	b	Corn Flakes Azucarados	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	c	Corn Flakes Chocolate	1	1	1	1.00	0.0000	0.0000
	d	Arroz Inflado Chocolate	1	0	1	0.67	0.5774	0.8617





<b>LOCAL 8</b>	<b>a</b>	Corn Flakes	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>
	<b>b</b>	Corn Flakes Azucarados	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0.67</b>	<b>0.5774</b>	<b>0.8617</b>
<b>LOCAL 9</b>	<b>b</b>	Corn Flakes Azucarados	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0.67</b>	<b>0.5774</b>	<b>0.8617</b>
	<b>d</b>	Arroz Inflado Chocolate	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1.00</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>

En la Tabla 12, se observan los nueve locales de la Central de Abastos Tultitlán, en donde los promedios obtenidos de la cuantificación de fumonisinas de los diferentes cereales para desayuno, siendo Corn Flakes del local 7 con la mayor concentración de fumonisinas al tener 2.67 ppm.

La legislación de fumonisinas en México no cuenta con una normatividad que regule el contenido máximo en cereales para desayuno. En Europa por medio de la Unión Europea se fijó un contenido máximo de fumonisinas totales de 0.8 ppm (Reglamento Unión Europea CE No 1126/2007). Por lo que se puede indicar que de acuerdo a la Tabla 12 de las 30 muestras en total analizadas de cereales de desayuno a granel, la mitad se encuentran por arriba del contenido máximo de fumonisinas especificado por la Unión Europea.

De acuerdo a los datos de las Tablas 11 el contenido de aflatoxinas se encuentran dentro de la Normatividad mexicana, sin embargo con el contenido de fumonisinas (Tabla 12) de acuerdo a la UE la mitad de las muestras no cumplen con la normatividad, y son aquellas muestras de cereales para desayuno que no son inocuos.

Si en México se tuvieran establecidos los niveles máximos de fumonisinas 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 mejoraría la calidad de los alimentos. La consecuencia es que el consumo de productos contaminados con fumonisinas podría estar relacionada con las elevadas tasas de cáncer de esófago, neurotóxicos (leuconecefalomalacia), edema pulmonar y cerebral, hepatotóxicos y lesiones cardíacas (Gimeno y Martins, 2001).



---

Molinié *et al* 2005, reportaron que el 94% de las muestras de maíz analizadas presentaron fumonias, por lo que el género *Fusarium* es un hongo con mucha incidencia en este grano, esto es de gran importancia ya que la dieta del mexicano se basa en el maíz. De acuerdo a los datos presentados de fumonisinas en la Tabla 10 todas las muestras de cereales para desayuno se encuentran con valores mayores a 0.8 ppm.

Esto requiere modificar los niveles máximos para evitar la perturbación del mercado, a la vez que se mantiene un elevado nivel de protección de la salud pública garantizando que la exposición de las personas se mantenga significativamente por debajo del valor orientativo recomendado para la salud.

### **7.2.0 Micobiota identificada en cereales para desayuno**

Siguiendo el cuadro metodológico se procedió a realizar el análisis en los cuatro tipos de cereales para desayuno a granel: Corn Flakes, Corn Flakes con Azúcar, Corn Flakes con Chocolate y Arroz Inflado con Chocolate, muestreados en la Central de Abastos de Tultitlán y en el Mercado del Carmen. Con la finalidad de realizar la micobiota de los cereales de desayuno, se efectuó un mezclado de las muestras que se muestrearon por triplicado, por lo que se grafican los datos obtenidos del homogeneizado de las muestras.

En las siguientes figuras presentadas (36, 37, 38 y 39), se muestran los hongos identificados en los diferentes cereales para desayuno estudiados. En los gráficos se pueden observar las barras de color rojo como los hongos identificados en Mercado del Carmen (Mercado Carmen) y las barras de color azul los hongos identificados en la Central de Abastos de Tultitlán (C.A. Tultitlán).



### 7.2.1 Micobiota identificada en Corn Flakes

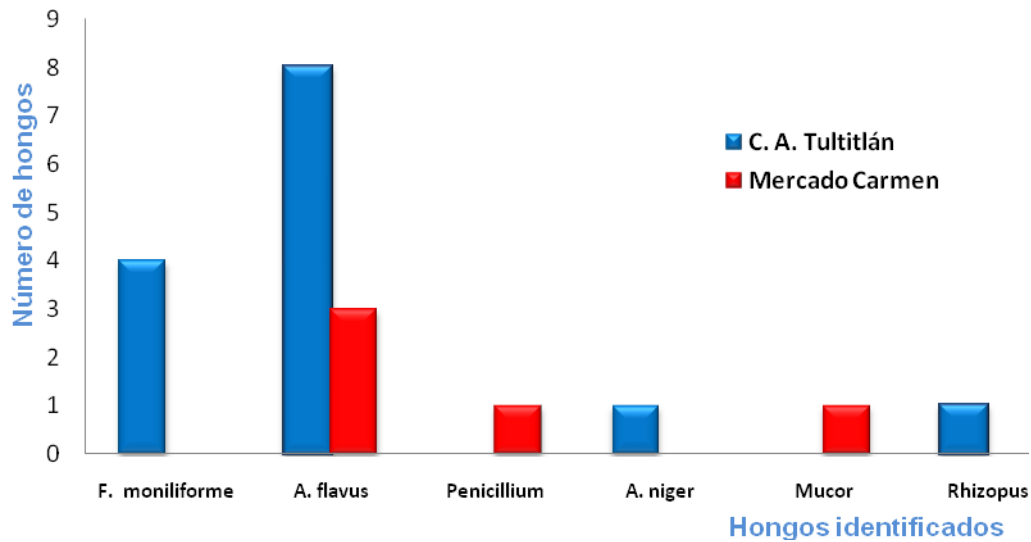


Figura 38. Micobiota de Corn Flakes

En la Figura 38 se muestra el gráfico donde se representan los hongos identificados contra el número de hongos totales aislados, obtenidos de Corn Flakes ubicados tanto en la Central de Abastos de Tultitlán como el Mercado del Carmen.

Se identificaron varios aislamientos de *Aspergillus flavus* en ambos centros de distribución (8 hongos en la Central de Abastos de Tultitlán y 3 hongos en el Mercado del Carmen). *Aspergillus flavus* es clasificado como hongo de almacén según Christensen (Moreno, 1998). Frecuentemente es aislado del suelo, de productos en descomposición, de semillas y granos almacenados.

Se identificó *Fusarium moniliforme* solo en muestras de Central de Abastos Tultitlán. Sin embargo en el Mercado del Carmen se identificó el género *Penicillium spp.*

Se identificaron 2 hongos de deterioro avanzado; un *Rhizopus* y un *Aspergillus niger* en Central de Abastos Tultitlán, mientras que en el Mercado del Carmen se identificó *Mucor*.



La incidencia de hongos de deterioro avanzado es indicio del mal manejo del producto, así como malas condiciones de almacenamiento (Moreno, 1998).

Se detectaron en los cuatro tipos de cereales para desayuno la presencia de *Aspergillus flavus* de las muestras analizadas del Mercado del Carmen, lo cual podría ser indicativo de la presencia de aflatoxinas. De acuerdo a los resultados reportados de la Tabla 9, todas las muestras de cereales para desayuno contienen aflatoxinas, sin embargo de acuerdo a los niveles permitidos establecidos por la NOM-188-SSA1-2002 (Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal), la cantidad de aflatoxinas se encuentran dentro del nivel establecido.

### 7.2.2 Micobiota identificada en Corn Flakes con azúcar

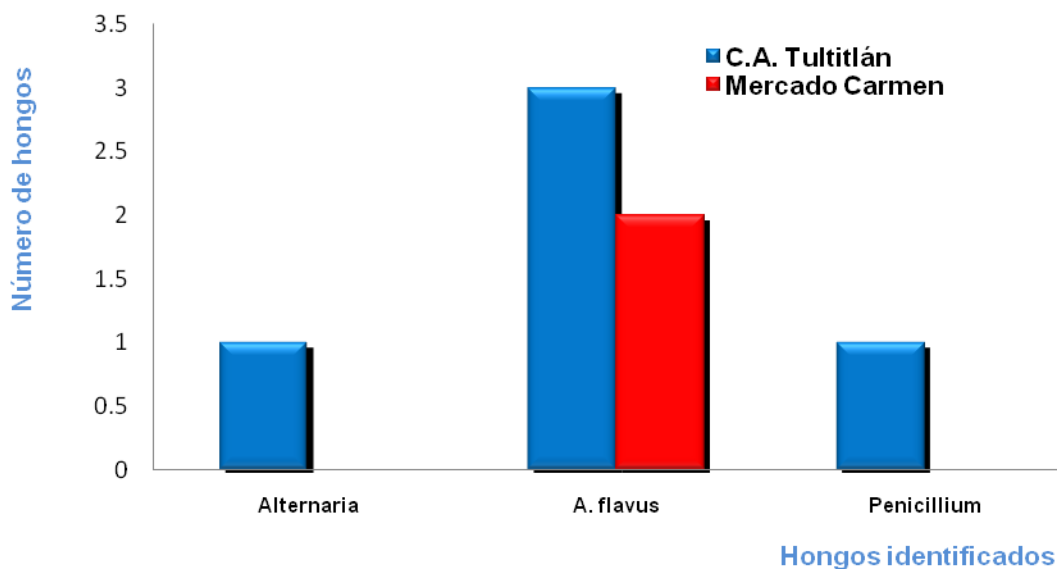


Figura 39. Micobiota de Corn Flakes con Azúcar

En la Figura 39 se muestran los hongos presentados de la micobiota realizada a los Corn Flakes azucarados ubicados en Central de Abastos Tultitlán se identificaron hongos de almacén *Aspergillus flavus* así como también se identificó *Penicillium* y *Alternaria*. En Mercado del Carmen solo se identificó *Aspergillus flavus*.



Si la población de *Alternaria* disminuye y crece la de los mohos de almacén, hay que sospechar que existen problemas en el almacenamiento en productos terminados (Dendy y Dobraszczyk, 2001) ya que *Alternaria* por ser un hongo de campo, no resiste las condiciones de almacenamiento (humedad relativa baja) (Moreno, 1998).

Los hongos de más riesgo son los que pueden sobrevivir entre el 17 y el 18% de humedad incluyendo tres géneros muy importantes *Aspergillus*, *Fusarium*, y *Penicillium*, ya que pueden producir micotoxinas, ya que son metabolitos tóxicos y producir enfermedades en el huésped.

Los géneros de almacén necesitan aire húmedo, con más del 80% de HR, para crecer, aunque el grano puede contener el 17 % de humedad. *Aspergillus flavus* es el género y especie más importante ya que puede producir aflatoxinas.

### 7.2.3 Micobiota de Corn Flakes con chocolate

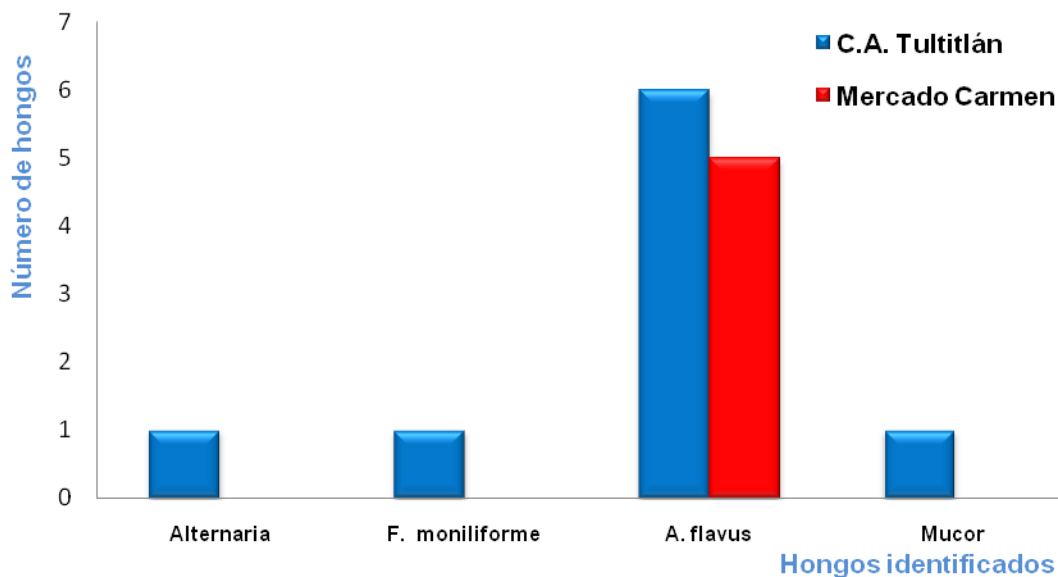


Figura 40. Micobiota de Corn Flakes con Chocolate



En los Corn Flakes con chocolate se detectó con mayor incidencia la presencia de *Aspergillus flavus* tanto en la Central de Abastos de Tultitlán como en el Mercado del Carmen, por lo que puede esperarse la presencia de aflatoxinas en el producto, también es indicativo de que las condiciones a las cuales es almacenado los Corn Flakes con chocolate es inadecuado.

En la Central de Abastos de Tultitlán se detectó *Mucor*, el cual es un hongo de deterioro avanzado. También se identificaron los hongos de campo *Alternaria* y *Fusarium moniliforme*. Para el desarrollo de *Fusarium moniliforme* se requieren altos contenidos de humedad de cereales para desayuno, por lo tanto se espera que no continúe su desarrollo en un almacenamiento normal (Moreno, 1998).

#### 7.2.4 Micobiota de Arroz inflado con chocolate

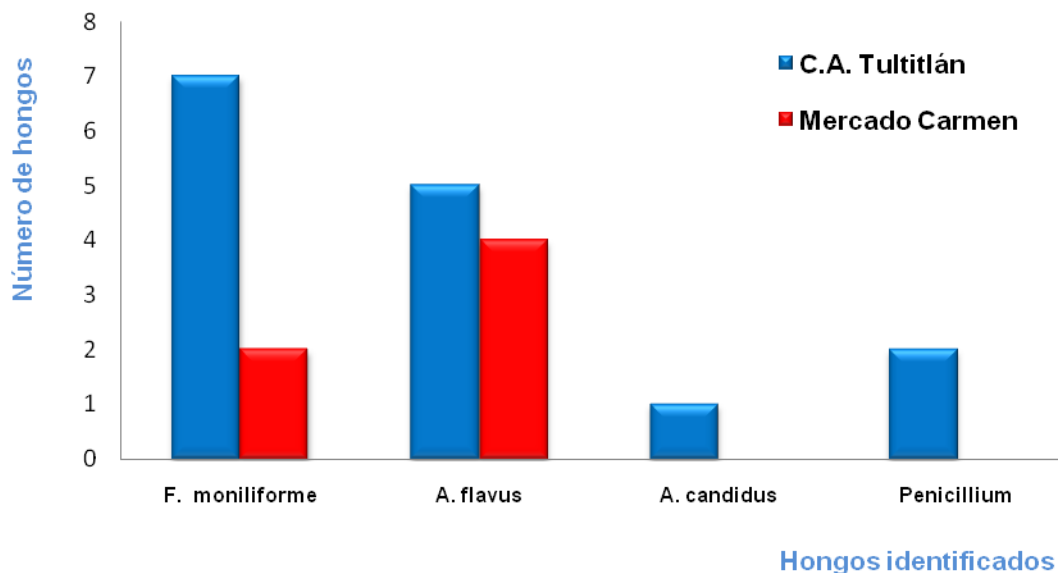


Figura 41. Micobiota de Arroz Inflado con Chocolate



---

En la Figura 41 se presenta el gráfico de la micobiota de Arroz Inflado con Chocolate, donde se representa el número de hongos identificados de la Central de Abastos de Tultitlán y el Mercado de Carmen.

Durante la experimentación e identificación de los hongos en la Central de Abastos Tultitlán en el arroz inflado con chocolate, se observó el crecimiento de *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus candidus* y *Penicillium spp.*

El *Aspergillus flavus*, uno de los principales hongos de almacén, se encontró presente en Central de Abastos Tultitlán y Mercado del Carmen, por lo que podría esperar la presencia de aflatoxinas.

De los hongos identificados en arroz inflado con chocolate durante el trabajo experimental, cabe mencionar que se identificó el crecimiento de hongo de campo *Fusarium moniliforme*. Se encontró tanto en la Central de Abastos de Tultitlán como en Mercado del Carmen, lo que indica que las condiciones en las cuales se desarrolla este hongo son las adecuadas en estos lugares. Los cereales para desayuno por su baja actividad de agua y bajo contenido de humedad, no deberían tener riesgo de contaminación microbiana. Sin embargo durante la experimentación realizada fueron encontrados hongos microscópicos del género *Aspergillus* y *Fusarium*, que en algunos casos producen micotoxinas como son aflatoxinas y fumonisinas.

Se observó que los lugares de punto de venta de cereales para desayuno a granel no están en sitios adecuados, por lo que tiene un impacto sobre la inocuidad en los productos, ya que se detectó la presencia de los hongos e indica que se encuentra en las condiciones óptimas para el desarrollo de éstos. Lo que podría llevar a la producción de micotoxinas como son aflatoxinas y fumonisinas (Prieto *et al.*, 2005).



---

### **7.3.0 Higiene Sanitaria de Cereales para desayuno de venta a granel en la Central de Abastos Tultitlán y en el Mercado del Carmen.**

El Mercado del Carmen no cuenta con una adecuada clasificación de los productos a la venta, lo cual podría propagar de microorganismos como son los hongos productores de micotoxinas.

Se observó que en ambos Centros de Distribución (Mercado del Carmen, Central de Abastos Tultitlán) el manejo a la venta de los cereales para desayuno a granel es de manera deficiente, ya que se encontró evidencia de mala manipulación,

Las condiciones de almacenamiento que se manejan en ambos Centros de Distribución (Mercado del Carmen y Central de Abastos de Tultitlán), se caracteriza por un gran movimiento de carga que provoca que los expendedores no tengan la debida atención en el manejo íntegro de lo productos, ya que en ambos Centros de Distribución se tienen instalaciones inadecuadas de almacenamiento, los cereales para desayuno deben mantenerse en locales limpios, sin embargo no cuentan con un control estricto.

En la Central de Abastos de Tultitlán se observó que aunque hay una construcción adecuada, para la distribución de todos los tipos de alimentos a la venta sin embargo los locatarios no respetan esta distribución.

Se encontró evidencia de mala manipulación de los cereales para desayuno a granel, esto debido a que el producto está expuesto a la venta, sin el uso de Buenas Prácticas de Manufactura (personas tomando el producto con las manos sin previo lavado, producto a la venta localizado al lado de productos que nos son para el consumo como son zapatos, ropa, etc.)

Es importante recalcar que los cereales para desayuno a granel son de consumo directo, lo cual significa que después de haber sido comprados se consumirán sin llevar ningún proceso que reduzca o elimine el riesgo de contaminación microbiológica o en éste caso de micotoxinas (aflatoxinas, fumonisinas), y lo que podría ser un factor de riesgo a la salud.





---

Algunas de las Acciones correctivas que se pueden emplear para evitar los problemas ocasionados por el mal manejo o mal almacenamiento en cereales para desayuno son:

- Utilizar las siguientes buenas prácticas de manufactura para identificar los principios esenciales de higiene y manipulación de los cereales para desayuno reduciendo la contaminación de micotoxinas (NOM-251-SSA1-2009):
  - A. Los establecimientos de distribución deben contar con instalaciones que eviten la contaminación de las materias primas, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.
  - B. Los pisos, paredes y techos del área de venta deben ser de fácil limpieza, sin grietas o roturas.
  - C. Los materiales que puedan entrar en contacto directo con los cereales para desayuno se deben poder lavar y desinfectar adecuadamente.
  - D. Para evitar plagas provenientes del drenaje, éste debe estar provisto de trampas contra olores, y coladeras o canaletas con rejillas, las cuales deben mantenerse libres de basura, sin estancamientos y en buen estado.
  - E. Las condiciones de almacenamiento deben ser adecuadas al tipo de materia prima, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios que se manejen. Se debe contar con controles que prevengan la contaminación de los productos.
  - F. Las instalaciones (incluidos techo, puertas, paredes y piso), baños, cisternas, tinacos y mobiliario deben mantenerse limpios.
  - G. No se debe permitir la presencia de animales domésticos, ni mascotas dentro de las áreas de los Centros de Distribución.
  - H. Se deben tomar medidas preventivas para reducir las probabilidades de infestación y de esta forma limitar el uso de plaguicidas.
  - I. Debe evitarse que en los patios del establecimiento existan condiciones que puedan ocasionar contaminación del producto y proliferación de plagas, tales como: basura, encharcamiento por drenaje insuficiente o inadecuado.



- 
- J. Los drenajes deben tener cubierta apropiada para evitar la entrada de plagas provenientes del alcantarillado o áreas externas.
- K. Se debe contar con un sistema o un plan para el control de plagas y erradicación de fauna nociva.
- L. En caso de que alguna plaga invada el establecimiento, deben adoptarse medidas de control para su eliminación por contratación de servicios de control de plagas o autoaplicación, en ambos casos se debe contar con licencia sanitaria.
- M. El personal debe presentarse aseado al área de trabajo, con ropa y calzado limpios.
- El personal que manipule los productos debe lavarse las manos antes de que tenga contacto directo con el producto.
  - Realizar monitoreos de humedad en las muestras de cereales de desayuno, para evitar las condiciones de la producción de los hongos, ya que la manera más conveniente de evitar los problemas ocasionados por las aflatoxinas y fumonisinas es evitar el crecimiento de los hongos productores de micotoxinas.
  - Realizar una propuesta para implementar el sistema HACCP en el Centro de distribución donde se comercialicen cereales para desayuno. Y así poder realizar una inspección sobre Central de Abasto de Tultitlán y Mercado del Carmen con la finalidad de identificar hallazgos potenciales para determinar la inocuidad de los cereales para desayuno.



---

## 8.0 Conclusiones

1. En cereales para desayuno a granel se encontró la presencia de Aflatoxinas tanto en el Mercado del Carmen como en la Central de Abastos de Tultitlán. De acuerdo a NOM-188-SSA1-2002 la concentración de las muestras evaluadas se encuentran dentro del nivel permitido (20 ppb), cumpliendo dentro de la normatividad.

En los cereales para desayuno de marcas comerciales no se detectó la presencia de Aflatoxinas.

2. De los análisis efectuados para fumonisinas se encontró que en el Mercado del Carmen se detectó la presencia de dichas micotoxinas en el total de las muestras tratadas. De acuerdo a las datos de fumonisinas analizadas se encontraron niveles de hasta 1.67 ppm en Mercado del Carmen y 2.67 ppm en Central de Abastos de Tultitlán.

Al no tenerse una normatividad mexicana, se consideró la vigente por la Unión Europea (0.8 ppm como contenido máximo), dando por resultado valores mayores a lo establecido, concluyendo que las muestras están contaminadas y pueden ser causa de riesgo para la salud. En los cereales para desayuno de marcas comerciales no se detectó la presencia de Fumonisinias.

Para la Central de Abastos de Tultitlán, se encontraron muestras con el 50% de fumonisinas y el 50% sin su presencia.

3. De acuerdo a la microbiota realizada en los cereales para desayuno fueron encontrados hongos microscópicos del género *Aspergillus* y *Fusarium*, que en algunos casos producen micotoxinas como son aflatoxinas y fumonisinas.



---

De los hongos identificados en arroz inflado con chocolate durante el trabajo de campo, cabe mencionar que se identificó el crecimiento de hongo de campo *Fusarium moniliforme* tanto en la Central de Abastos de Tultitlán como en Mercado del Carmen.

Se identificaron 2 hongos de deterioro avanzado; un *Rhizopus* y un *Aspergillus niger* en Central de Abastos Tultitlán, mientras que en el Mercado del Carmen se identificó *Mucor*. La incidencia de hongos de deterioro avanzado es indicio del mal manejo del producto, así como malas condiciones de almacenamiento.

4. Las condiciones de almacenamiento y venta de los cereales para desayuno son inadecuadas, constituyendo un alto riesgo de contaminación, la escasa higiene en el manipuleo de los alimentos representa un serio problema higiénico sanitario, por la transmisión de las micotoxinas y el hongo, que pueden invadir alimentos almacenados, provocando una disminución en su calidad nutritiva.

Se observó que los lugares de punto de venta de cereales para desayuno a granel no están en sitios adecuados, por lo que podría tener un impacto sobre la inocuidad en los productos, ya que se podrían estar generando las condiciones óptimas para el desarrollo de hongos, lo cual puede llevar a la producción de micotoxinas como son aflatoxinas y fumonisinas.

En el sector C y D de la Central de Abastos de Tultitlán están dedicados a productos avícolas y cárnicos respectivamente, sin embargo, no es respetado, ya que se encontraron en estos sectores locales destinados a la venta de cereales para el desayuno.

El Mercado del Carmen no cuenta con una adecuada clasificación de los productos a la venta, lo cual podría afectar benéficamente en la propagación de microorganismos como son los hongos productores de micotoxinas.



---

## 9.0 Referencias Citadas

1. Alonso, A.J., González, J.R., Rejas, L.J. (2002). Micotoxinas en rumiantes. Un problema del pasado y presente. Congreso de la Sociedad Española de Medicina Interna Veterinaria. León: Universidad de León 2002. p.p 68-81. ISBN 84-7719-810-1.
2. Aflatest (2006). VICAM. Science Technology. USA.
3. AOAC (2006). AOAC Official Method 991.31 Aflatoxins in Corn, Raw Peanuts, and Peanut Butter Immunoaffinity Column (Aflatest) USA.
4. Barug D., Bhatnagar D., Van Egmond H.P., Van der Kamp J.W., Van Osenbruggen W.A., Visconti A. (2006). The mycotoxin Factbook: Food and feed topics. Wageningen Academic Publishers. Netherlands.
5. Cárdenas A.A., Ortiz D.J., Rogelio C.O. (2002). Viejos patrones y nuevos esquemas de concentración. Revista Análisis Económico. UAM, 35, 161-183.
6. Castells, M., Marín, S., Sanchis, V., Ramos, J.A. (2008). Distribution of fumonisins and aflatoxins in corn fractions during industrial cornflake processing. International Journal of Food Microbiology, 123, 81–87.
7. Christensen, C.M., Sauer D.B. (1982). Microflora in Storage of Cereal Grains and their Products. Ed. American Association of Cereal Chemists. ST. Paul MN. p.p 219-240.
8. CODEX CAC/RCP 51-2003. (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 tricótecos. Fecha de consulta: 17 de noviembre del 2009. Disponible en: [www.codexalimentarius.net](http://www.codexalimentarius.net)
9. Dendy A.D., Dobraszczyk J.B. (2001). Cereales y productos derivados, Química y tecnología. Ed. Acribia. España.
10. Desjardins, A.E. (2006). Fusarium Mycotoxins, Chemistry, Genetics and Biology. Ed. The American Phytopathological Society. E.U.A.



11. Desrosier, N.W. (1991). Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial CECSA. México. pp. 104-114.
12. D'Mello, J.P., Placinta C.M. (1999). *Fusarium* mycotoxins: a review of global implication for health, welfare and productivity. *Animal Feed Science and technology*, 80, 183-205.
13. FAO. (1993). El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Alimentación y nutrición, N° 25 Italia.
14. FAO (2008). América Latina y el Caribe aumentan su producción de cereales. España. Fecha de consulta: 11 de mayo del 2010. Disponible en: [www.rlc.fao.org](http://www.rlc.fao.org)
15. FAO (2003). Gua para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Italia. Fecha de consulta: 27 de agosto del 2011. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org)
16. Fumonitest (2006). VICAM. Science Technology. USA.
17. Gallardo, R.E., Ibarra, M.G., Sánchez, M.R., Cuamea, C.G., Molina, G.D., Parra, V.N., Rosas, B.E., Cortez, R.M. (2006). Micobiota de Maíz (*Zea Mays L.*) recién cosechado y producción de Fumonisina B1 por cepas de *Fusarium verticilloides* (*Sacc.*) *nirenb.* *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24: 27-34.
18. Gimeno, A. (2002). Principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas. Ed. Engormix. Portugal.
19. Gimeno, A. (2008). Las fumonisinas y sus efectos indeseables en la producción porcina. Ed. Engormix. Portugal.
20. Gimeno, A. (2009). Fumonisinias en humanos y contaminaciones con éstas en maíz e higos secos: breve revisión. Ed. Engormix. Portugal.
21. Gimeno, A., Martins M.L. (2001). XVII Seminario G-TEMCAL organizado por G-TEMCAL/DANONE. Engormix. Portugal. Fecha de consulta: 15 de abril del 2010. Disponible en: [www.engormix.com](http://www.engormix.com)
22. González, P.M., Pereyra, C.M., Ramírez, M.L., Rosa, C.A., Dalcero, A.M., Cavaglieri, L.R. (2008). Determination of mycobiota and mycotoxins in pig feed in central Argentina. *Letters in Applied Microbiology*. 46: 555–561.



23. Hernández, A.M. (1998). Micobiota de Cereales de Desayuno. Tesis de Licenciatura UNAM.
24. Herrera, R.C., Bolaños, V.N., Lutz, C.G. (2002). Química de Alimentos. Manual de Laboratorio. Editorial Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
25. Hoseney, R.C., González A.M. (1991). Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Acribia. España.
26. Krugman, R.P. (2008) Fundamentos de Economía. Ed. Reverté. España p.p 187-189
27. Martins, M.H., Almeida, L., Marques, M.F., Guerra, M.M. (2008). Fumonisin and deoxynivalenol in corn-based food products in Portugal. Food and Chemical Toxicology. 46: 2585-2587.
28. Matz, A. S. (1992). The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed. Ed. Springer. 2° edition. England.
29. Molinié, A., Faucet, V., Castegnaro, M., Pfohl-Leszkowicz, A. (2005). Analysis of some breakfast cereals on the French market for their contents of ochratoxin A, citrinin and fumonisin B1: development of a method for simultaneous extraction of ochratoxin A and citrinin. Food Chemistry, 391-400.
30. Moreno, M.E. (1998). Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. UNAM. México.
31. Moreno, M.E. (1993). Tratamiento químico de las semillas para el combate de los Hongos. UNAM. México. pp. 123-128
32. Moreno, M. E., Gutiérrez M.G. (1991). La biología de *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas. Primera edición. UNAM, México D.F., pp 1-15.
33. Münch, L., Ángeles, E. (1997). Métodos y Técnicas de Investigación. Ed. Trillas México. pp. 99-114.
34. Norma Mexicana NMX-F-350-S-1980. Alimentos. Cereales precocidos para infantes y niños de corta edad, hojuelas y/o granulados de harina de maíz chocolate.
35. Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA1-2002. Productos servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias.



36. Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.
37. Palma, O.M. (2009). Copos de cereales al natural. Rutas de la alimentación. México. . Fecha de consulta: 06 de julio del 2011. Disponible en: [www.enlasrutasdelaalimentacion.bligoo.com](http://www.enlasrutasdelaalimentacion.bligoo.com)
38. Prieto, F., Prieto, J., Román, A.D., Gordillo, A.J., Gómez, C. (2005). Capacidad de hidratación de los cereales para desayuno Kellogg's. Revista Chilena Nutrición. Vol. 32, 2. Chile.
39. Reglamento (CE) No 1126/2007 de la Comisión. (2007). Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios de Fusarium en el maíz y los productos del maíz. Diario Oficial de la Unión Europea.
40. Roige, B.M., Aranguren, S.M., Riccio, M.B., Pereyra, S.A., Tapia, M.O. (2009). Mycobiota and mycotoxins in fermented feed, wheat grains and corn grains in Southeastern Buenos Aires Province, Argentina. Revista Iberoamericana de micología. 26: 233-237.
41. SAGARPA (2008). Fuente de Información Estadística Agroalimentaria. Fecha de consulta: 07 de abril del 2010. Disponible en: [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)
42. Sánchez, M.T., Pineda I. (2003). Proceso de elaboración de alimentos y bebidas. Ed. Mundi Prensa. España.
43. Santos, C.O. (1999). Importancia y Efectos de la Aflatoxina en los Seres Humanos. Ed. Medunab. Colombia
44. Santa Cruz, S.E., Espinosa, P. A., Vázquez, M.L, Grigalva, M.I., Bermúdez, A.M. (2006). Determinación de Aflatoxinas en Alimentos de Consumo Infantil. Coordinación de Ciencia de los Alimentos. UNAM. México
45. Scade, J., García, N. J. (1981). Cereales. Acribia. España.
46. SENASICA (2004). Manual de Buenas Prácticas de producción en granjas porcícolas. México. pp. 28-30.
47. Serra, M.J., Aranceta, B.J. (2004). Desayuno y equilibrio alimentario. Ed. Masson. México.





- 
48. Serna, S.S. (2001). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Ed. A.G.T. México
  49. Sharma, R.P. (2004). Mycotoxins in the food chain: a look at their impact on immunological responses. Proc. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. 20<sup>vo</sup> Annual Symposium Alltech. p.p 306-314.
  50. Soriano del Castillo, J.M. (2007). Micotoxinas en alimentos. Ed Díaz de Santos. España.
  51. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) (Página consultada el 08 de junio del 2010)