

N° 148  
2 E J.



# Universidad Nacional Autónoma de México

*Facultad de Química*

ESTUDIO DEL EFECTO DE LA NIXTAMALIZACION SOBRE  
LOS NUTRIMENTOS DEL MAIZ SANO Y  
CONTAMINADO NATURALMENTE.

**TESIS MANCOMUNADA**

Que para obtener el Título de  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
p r e s e n t a n

MARIA ELENA SAEB LIMA  
LUIS MIGUEL GONZALEZ MANRIQUE



México, D. F.

1992

**FALLA DE ORIGEN**



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

## INDICE

CAPITULO I.	Introducción	
I.	Introducción	1
I.1	Estructura y composición del grano	3
I.2	Lípidos del maíz	5
I.3	Proteínas del maíz	8
I.4	Carbohidratos del maíz	12
I.5	Aflatoxinas	14
I.6	Proceso de Nixtamalización en maíz	23
CAPITULO II.	Materiales y métodos	
II.	Materiales y métodos	26
II.1	Reactivos	26
II.2	Material	27
II.3	Equipo	28
II.4	Trabajos Personales	29
II.5	Determinación de humedad	30
II.6	Determinación de cenizas	31
II.7	Determinación de proteínas	32
II.8	Determinación de grasa cruda	33
II.9	Determinación de fibra cruda	34
II.10	Carbohidratos asimilables obtenidos por diferencia	35
II.11	Cuantificación de aflatoxinas por el método de Aflatest	36
CAPITULO III.	Resultados	
III.	Resultados	39
III.1	Análisis Estadístico	41
III.2	Cálculo de carbohidratos por diferencia	66
III.3	Determinación de aflatoxinas por el método de Aflatest	70
CAPITULO IV.	Análisis de Resultados	73
CAPITULO V.	Conclusiones	81
GRAFICAS		84
ANEXO I		92
ANEXO II		95
ANEXO III		97
BIBLIOGRAFIA		98

## I. INTRODUCCION.

El maíz es un cereal básico en la dieta del mexicano. Sin embargo en las últimas décadas ha sido necesario importar una gran cantidad de éste para consumo directo de nuestra población, ( 3,031,100 kg. procedentes de Estados Unidos en 1989, con un costo total de \$ 10,377,000,000.00 M. N. ) ( 5 ) debido entre otras causas, a condiciones inadecuadas de precosecha, cosecha, almacenamiento, manejo y distribución, además de problemas agrarios y de tecnificación. Este cereal puede presentar en ocasiones contaminaciones por hongos microscópicos generadores de toxinas.

Entre los mohos genotóxicos, aquellos del género *Aspergillus* y especialmente *A. flavus* y *A. parasiticus*, producen sustancias conocidas como aflatoxinas, algunas de las cuales se han identificado como agentes mutágenos y cancerígenos.

Debido a esto, se ha estudiado la presencia de aflatoxinas en diversos productos alimenticios, y por otro lado se han probado diferentes métodos descontaminantes principalmente en granos y semillas almacenados y contaminados. Uno de estos métodos

es el proceso de nixtamalización, que es una cocción térmico-alkalina que puede ejercer efectos de destrucción y eliminación parcial por arrastre en el lavado del grano, sobre las moléculas de aflatoxinas.

Durante la cosecha de maíz 1990 - 1991, proveniente del norte de la República Mexicana se obtuvieron mas de un millón de toneladas contaminadas por *Aspergillus flavus*, alcanzando niveles de 60  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (ppb) de aflatoxina B<sub>1</sub>. Es por lo anteriormente mencionado que se realizó un estudio bromatológico comparativo entre el maíz sano y el maíz contaminado naturalmente con aflatoxinas, analizando los cambios producidos por éstas en los nutrimentos principales tanto del maíz crudo como del maíz nixtamalizado. Para este efecto se utilizaron métodos analíticos aprobados por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos ( A. O. A. C. 1980 ) (8).

## I.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL GRANO DE MAIZ

La semilla de maiz es el grano más grande de los cereales, y es el que tiene mayor adaptabilidad de cultivo. Es un grano de color blanco, rojo oscuro, morado o café; ya maduro tiene un peso de 150 mg - 180 mg.

Desde el punto de vista botánico, el grano de maiz puede dividirse en tres partes principales: una cubierta dura, una porción central llamada germen y una parte intermedia llamada endospermo. Cada una de estas partes almacena un nutrimento o mezcla de nutrimentos.

El germen se encuentra en la parte inferior central conteniendo la mayor parte de las proteínas del grano siendo las más importantes: la glutenina, prolamina, globulina y albúmina; además contiene lípidos compuestos principalmente por ácido linoleico, palmítico, oléico y esteárico. Existen también minerales como calcio, fósforo, magnesio, aluminio, hierro, cloro, sodio y potasio.

La cascarilla está compuesta por celulosa, y es la que proporciona lo que se conoce como fibra cruda, definida como la

porción no digerible del alimento y que resiste al tratamiento del ácido sulfúrico al 1.25% e hidróxido de sodio al 1.25% hirvientes.

Próxima a la cascarilla se encuentra una capa delgada de gluten, a los lados y frentes del grano y dentro de la capa de éste, se encuentra una mezcla de almidón y gluten orientada hacia el centro del grano. Llenando la parte superior del grano y extendiéndose hacia abajo, rodeando al germen parcialmente, está la porción amilácea.

El maíz, sin embargo, no es constante en su composición. La variedad del grano, la tierra, el clima y la altitud de la zona en que se cultiva, tienden a afectar la cantidad y calidad de los nutrimentos.

## I.2 LIPIDOS DEL MAIZ

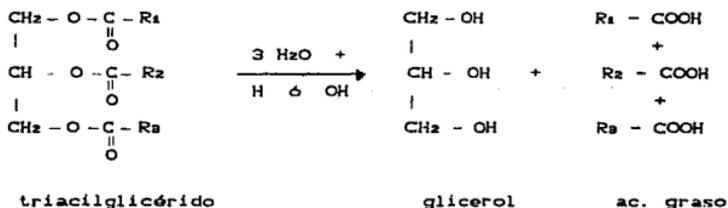
Los lípidos se clasifican en lípidos complejos ó saponificables y lípidos sencillos ó no saponificables. Ambos se componen de ácidos grasos que se encuentran en grandes cantidades como constituyentes fundamentales de lípidos saponificables en células y tejidos, pero en estado libre aparecen solamente en trazas. La cadena hidrocarbonada que los compone puede ser saturada, o insaturada, conteniendo dobles ó hasta triples enlaces. En el maiz, como en el resto de las plantas superiores, los ácidos grasos insaturados predominan sobre aquellos de estructura con puntos de fusión bajos.

Los lípidos desempeñan diversas funciones en el organismo, entre las que se encuentran:

- Componentes estructurales de membranas.
- Medio de transporte y almacenamiento de combustible.
- Sirven de cubierta protectora evitando la pérdida excesiva de calor y contra lesiones mecánicas.
- Componentes de sistemas enzimáticos durante procesos metabólicos.

Por experimentos efectuados en animales (20) se ha llegado a la conclusión de que los mamíferos pueden sintetizar ácidos grasos saturados y monoinsaturados a partir de otros precursores, pero son incapaces de fabricar ácidos grasos insaturados que se denominan esenciales. Estos ácidos, al no poder ser sintetizados por los mamíferos, deben ser obtenidos de fuentes vegetales donde abundan.

La familia de los triacilglicéridos es la más abundante en los lípidos y los principales componentes de reserva de las células animales y vegetales. Una de las propiedades más importantes de los triacilglicéridos, es la hidrólisis que experimentan cuando se calientan y se ponen en contacto con ácidos ó bases fuertes, o por la acción de lipasas, produciendo tres moléculas de ácido graso de cadena larga y una molécula de glicerol como se indica a continuación:



Quando el triacilglicérido reacciona con alcohol en presencia de una base, produce ésteres metílicos; esta reacción es importante para efectos de cuantificación de ácidos grasos.

El aceite de maiz está compuesto tanto por ácidos grasos saturados como por ácidos grasos insaturados. Son saturados los ácidos mirístico, palmítico y esteárico, e insaturados los ácidos palmitoléico, oléico y linoléico, siendo éste último el más importante por ser esencial para el organismo humano.

### I.3 PROTEINAS DEL MAIZ

Las unidades fundamentales de las proteínas son los aminoácidos. De manera general, las proteínas tienen cuatro estructuras básicas:

- a) Estructura primaria.- Es la estructura que establece de un modo específico la secuencia de aminoácidos que se encuentran unidos por enlaces peptídicos.
- b) Estructura secundaria.- Es la llamada estructura alfa helicoidal y se refiere a la secuencia de las cadenas polipeptídicas a lo largo de una dirección.
- c) Estructura terciaria.- Se refiere al enrollamiento que sufre la proteína para comprimir la cadena dándole una estructura compleja y rígida.
- d) Estructura cuaternaria.- Indica como se distribuyen en el espacio las cadenas individuales polipeptídicas de una proteína que posee más de una cadena.

La mayor parte de las moléculas protéicas, solamente retienen su actividad biológica dentro de fluctuaciones muy limitadas de pH

y temperatura. Si estas moléculas son sometidas a temperaturas elevadas ó a cambios extremos de pH. sufren lo que se conoce como desnaturalización, que consiste en una pérdida de estructura secundaria y terciaria, reflejándose en un descenso de su solubilidad, y como consecuencia la pérdida de su actividad biológica.

Las principales interacciones que contribuyen a la estabilización de las estructuras secundaria y terciaria de las proteínas son, una interacción electrostática, enlace hidrógeno, interacción hidrofóbica entre grupos no polares, interacción dipolo-dipolo y unión disulfuro.

Las sales, a baja concentración incrementan la solubilidad de muchas proteínas, como es el caso del sulfato de amonio. A medida que la concentración de las sales neutras aumenta, la solubilidad de la proteína empieza a disminuir, por lo que a concentraciones salinas elevadas, la proteína puede ser completamente separada por precipitación de su disolución (20).

Otras proteínas son precipitadas por la adición de disolventes orgánicos neutros miscibles en agua, como etanol y acetona. Estos

disminuyen la solubilidad de la mayor parte de las proteínas en agua, de tal forma que precipitan de la disolución.

Según Osborne y Chittendem ( 24 ) la clasificación de las proteínas del maíz, de acuerdo a solubilidad en diferentes solventes, se refiere a que las albúminas y globulinas son solubles en soluciones salinas, pero únicamente las primeras lo son en agua. Nielsen y col. ( 22 ) definen a la prolamina como la fracción protéica del endospermo del maíz, la cual es extraída con soluciones ácidas ó alcalinas diluidas, después de haberse extraído las albúminas, globulinas y la caseína. (22).

La principal proteína del maíz por su cantidad es la Zeína, la cual es una prolamina. Dicha proteína es de mala calidad ya que es baja en su contenido de lisina y triptofano (aminoácidos esenciales) y tiene un exceso de leucina lo que provoca un desequilibrio en el contenido de aminoácidos, por lo que dicha fracción protéica es considerada de baja calidad.

Uno de los aminoácidos esenciales en el hombre es la metionina, razón por la cual algunos autores han efectuado estudios sobre el contenido de este aminoácido en dos diferentes tipos de maíz. Hansel y col. ( 17 ) , han encontrado que el gen

harinoso 2 contiene cerca de un 50% de metionina más que el maíz normal, siendo la causa de este aumento el contenido de metionina en la fracción glutelina. Observándose que la fracción ceína disminuye de 57% a 32% mientras que la glutelina aumenta un 13%.

En algunos trabajos se ha publicado que la solubilidad de la ceína disminuye significativamente debido al contenido alcalino que recibe el maíz durante la nixtamalización ( 7 ).

Otros estudios indican que la ceína es una proteína que carece de glicina y lisina y muy pobre en triptofano; mientras que las glutelinas contienen 5% de glicina, 4% de lisina y 1% de triptofano. Además, las glutelinas a su vez contienen más ácido aspártico, arginina, cistina y valina y menos ácido glutámico, isoleucina, leucina y prolina que la ceína, por que es claro que las glutelinas tienen un valor biológico más elevado que la ceína ( 30 ).

#### I.4 CARBOHIDRATOS DEL MAIZ

Los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía en los organismos vivos. El monosacárido más abundante en la naturaleza es la D-glucosa, que es el combustible principal para la mayor parte de los organismos, así como la unidad estructural básica de polisacáridos como el almidón y la celulosa presentes en el maíz.

El almidón es la forma principal de almacenamiento de combustible en el grano de maíz. El gránulo de almidón contiene moléculas de amilosa y de amilopectina. La mayor parte del almidón de maíz es una mezcla de 27% de amilosa y 73% de amilopectina (9). Las uniones glucosídicas en la primera son  $\alpha$ -(1,4), mientras que las de la amilopectina son  $\alpha$ -(1,4), pero en el punto de ramificación el enlace es  $\alpha$ -(1,6).

Los gránulos de almidón en agua se hinchan a medida que se eleva la temperatura. La temperatura a la que se inicia la gelatinización es característica de cada almidón según su procedencia botánica. Durante la nixtamalización a medida que se cuece el nixtamal, los gránulos de almidón continúan hinchándose

hasta el punto en que se rozan unos con otros; la temperatura a la que principia la gelatinización del maiz es de 80°C.

La celulosa es otro polisacárido importante en la estructura del maiz. Es el componente que le da fuerza y rigidez a los tejidos vegetales, encontrándose depositada en las paredes celulares de semilla y planta en concentraciones variables.

La celulosa se diferencia del almidón únicamente en el tipo de enlace, que en este caso es  $\beta$ -(1,4). Este enlace es particularmente importante, ya que el tracto digestivo de la mayor parte de los mamíferos no secreta enzimas capaces de hidrolizar este enlace, por lo que la celulosa no resulta utilizable como elemento nutritivo.

Las fibrillas se sitúan alrededor de las células dispuestas en haces paralelos y son aglutinadas por tres materiales polímeros que son: hemicelulosa, pectina y extensina.

### 1.5 AFLATOXINAS

Las aflatoxinas son conocidas como metabolitos secundarios secretados bajo condiciones específicas de temperatura, humedad y composición de sustrato por hongos del género *Aspergillus*.

Las aflatoxinas son un grupo de metabolitos altamente tóxicos y carcinogénicos producidos por los hongos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* principalmente, así como algunos otros relacionados con el deterioro de productos agrícolas.

El crecimiento de estos hongos depende principalmente de la naturaleza del sustrato y de las condiciones ambientales (27). Se ha encontrado que el límite inferior de humedad para el crecimiento de *A. flavus* y la producción de aflatoxinas es de 85% como humedad relativa (0.85 como aw). En granos de cereales amiláceos como el maíz, el límite inferior de humedad es de 18.3 a 18.5% .

Las temperaturas mínima, óptima y máxima para la producción de aflatoxinas son 12°C, 27°C y de 40 a 42°C respectivamente (21).

Las principales aflatoxinas son la B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> y pueden estar presentes o no en los productos infectados por *Aspergillus*

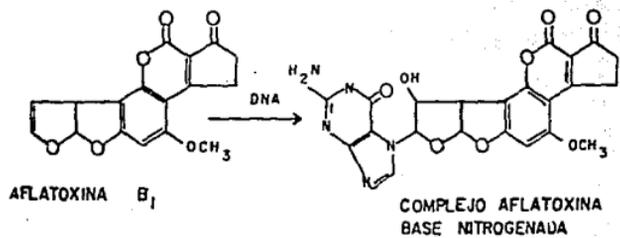
*flavus* (10). Sin embargo la presencia del microorganismo, hace potencialmente peligroso al producto, ya sea consumido por el hombre ó por animales como el ganado vacuno en donde el consumo de las aflatoxinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> son excretadas en la leche transformadas en metabolitos conocidos como aflatoxina M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub>.

La aflatoxina que naturalmente se halla presente en mayor concentración en productos infectados es la B<sub>1</sub> (19), seguida por la G<sub>1</sub> y en concentraciones muy bajas la B<sub>2</sub> y G<sub>2</sub> (21).

Todas estas aflatoxinas son carcinogénicas, mutagénicas y teratogénicas, ésto es la producción de anomalías y alteraciones en el organismo. Debido a estas propiedades son consideradas de gran importancia en salud pública y animal (26).

Se ha encontrado que las lesiones morfológicas y bioquímicas causadas por las aflatoxinas en animales ocurre casi siempre en células hepáticas. La interacción mutagénica de las aflatoxinas con el DNA, es el evento inicial y crítico de esta acción donde estas toxinas interfieren con la transcripción, causando una síntesis deteriorada del DNA y como consecuencia un deterioro en la síntesis del RNA (Fig. 1).

FIGURA 1



## BIOSÍNTESIS DE LAS AFLATOXINAS.

Varios investigadores han coincidido en que la producción de aflatoxinas no solo depende de las condiciones ambientales, sino que además se ve influida por el origen y la concentración de la fuente de carbono disponible (1), observándose que sacarosa, glucosa y fructosa son los carbohidratos que permiten una elevada producción de aflatoxinas. De la misma manera, el almidón, manitol y sorbitol proporcionan condiciones adecuadas de crecimiento de hongos toxigénicos. Por lo que pareciera que la máxima producción de aflatoxinas depende de concentraciones definidas de carbohidratos específicos ( sacarosa, glucosa, fructosa, manitol, almidón y sorbitol ).

Estudios sobre la biosíntesis de aflatoxinas producidas por los principales microorganismos, revelan que la síntesis se lleva a cabo a partir de acetato (26). Se ha sugerido la secuencia de la biosíntesis como: acetato, ácido norsolorínico, versicolorin A, esterigmatocistina y aflatoxina B<sub>1</sub>.

En cuanto a las vías de absorción de aflatoxinas, a pesar de conocerse la posibilidad de una exposición respiratoria, no se

cuenta con información que mencione la cantidad absorbida de aflatoxinas por el tracto respiratorio ó sobre la absorción percutánea. Por otro lado, la mayor parte de los casos de enfermedades inducidas por aflatoxinas en animales y seres humanos han estado relacionadas con la ingesta de alimentos contaminados. En aves alimentadas con aflatoxinas se han encontrado residuos de aflatoxina B<sub>1</sub> en vísceras así como en tejido muscular ( pechuga y pierna ).

Las biotransformaciones primarias de la aflatoxina B<sub>1</sub> involucran su conversión a metabolitos hidroxilados, pero solo uno de esos derivados, la aflatoxina M<sub>1</sub> presenta una toxicidad oral apreciada.

El hígado de ciertas aves y roedores son particularmente activos en la conversión de aflatoxinas B<sub>1</sub> y G<sub>1</sub> en aflatoxinas B<sub>2</sub> y G<sub>2</sub> (21).

Las aflatoxinas administradas por vía oral principalmente la B<sub>1</sub>, han desarrollado hepatocarcinogenicidad en todas las especies de animales estudiadas, a excepción del ratón en el cual se han demostrado efectos después de la administración intraperitoneal.

En cuanto a la teratogenicidad, el efecto de la aflatoxina B<sub>1</sub> inyectada a ratas por vía intraperitoneal administrada al octavo día de la gestación, da lugar a una proporción elevada de fetos malformados y muertos, ó a reabsorciones fetales; también se ha demostrado que la aflatoxina B<sub>1</sub> causa mutaciones de genes en sistemas bacterianos experimentales (prueba de Ames) (12) cuando es activada por preparaciones hepáticas (de rata y humanos). Sin embargo, a dosis de 5 mg/Kg ( ppm ) de aflatoxina B<sub>1</sub> por vía intraperitoneal en ratones, tales efectos mutagénicos no se presentan.

#### CONDICIONES DE LA EXPOSICION HUMANA A LA AFLATOXICOSIS.

La fuente principal de exposición humana a las aflatoxinas son los alimentos contaminados. Se han identificado dos vías de exposición dietética: la ingestión directa de aflatoxinas en alimentos contaminados de origen vegetal como el maíz; así como la ingestión de aflatoxinas que pasan de los alimentos de origen animal como la leche y productos lácteos, incluidos el queso y la leche en polvo donde aparecen como aflatoxina M<sub>1</sub>.

La exposición directa probablemente es mucho mayor que la exposición indirecta, independientemente de que existan diferencias de toxicidad entre la aflatoxina B<sub>1</sub> y M<sub>1</sub> (14).

#### CLASIFICACION DE AFLATOXINAS

Las aflatoxinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, son así designadas ya que presentan una fluorescencia azul bajo la luz ultravioleta cuando se analizan en cromatografía de capa fina.

Las aflatoxinas G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> difieren de la B<sub>1</sub> y la B<sub>2</sub> respectivamente por tener un anillo terminal de seis miembros. La fluorescencia es azul-verde y son menos tóxicas que las del grupo B.

Las aflatoxinas B<sub>2</sub> y G<sub>2</sub> son derivados dihidro de las aflatoxinas B<sub>1</sub> y G<sub>1</sub> respectivamente, por lo que se encuentran en menor cantidad. La formación de aflatoxinas B<sub>2</sub> y G<sub>2</sub> puede ser usada como una prueba confirmativa para la identificación de aflatoxinas B<sub>1</sub> y G<sub>1</sub>.

Las aflatoxinas M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub> son productos del metabolismo de hongos y animales, y la intensidad de su fluorescencia es aproximadamente la misma que la B<sub>1</sub> pero presenta mayor polaridad cuando es aplicada en cromatografía en capa fina.

El aflatoxicol es un derivado formado por reducción enzimática del grupo carbonil del anillo de la ciclopentanona de la aflatoxina B<sub>1</sub>. Es un metabolito importante ya que estas mismas enzimas hacen la reacción reversible para formar aflatoxina B<sub>1</sub> en animales y en el hombre. ( Fig. 2).

#### INACTIVACION DE AFLATOXINAS

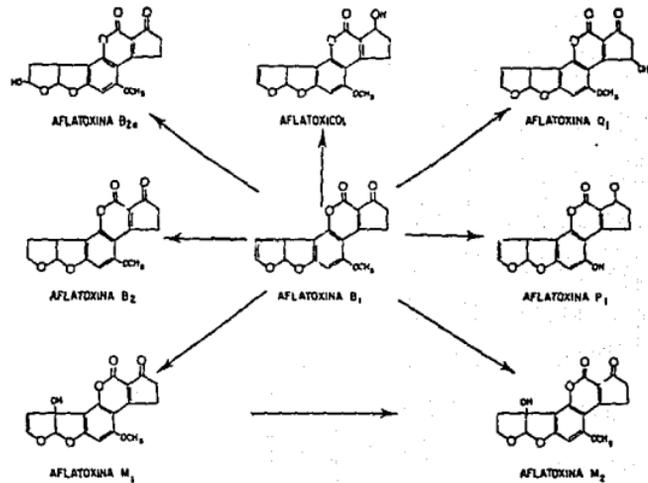
El mecanismo de reacción de la inactivación no se ha establecido y solo se pueden hacer suposiciones.

#### ACIDOS

La habilidad de los ácidos fuertes en soluciones acuosas para destruir la actividad biológica de las aflatoxinas B<sub>1</sub> y G<sub>1</sub>, es

FIGURA 2

AFLATOXINA B<sub>1</sub> Y ALGUNOS DERIVADOS



debido a la adición catalítica de agua al doble enlace terminal del 2,3 dihidrofurano de la aflatoxina B<sub>1</sub> (2). Los hemiacetales formados por la adición de agua son las aflatoxinas B<sub>2a</sub> y G<sub>2a</sub>. (13). ( Fig. 3 ).

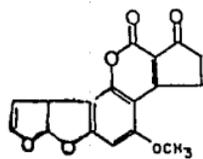
Después de un calentamiento a 100°C por diez minutos a pH de 1, un 95% de aflatoxina B<sub>1</sub> es convertida en aflatoxina B<sub>2a</sub>. mientras que a pH de 3 y a la misma temperatura fueron necesarias siete horas para tener la misma conversión (10).

Cabe indicar, que este procedimiento no resulta práctico para la inactivación de grandes cantidades de productos agrícolas ya que se necesitan condiciones muy drásticas para la conversión de las aflatoxinas.

#### BASES

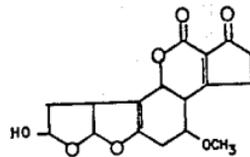
Se ha demostrado que el uso de bases orgánicas e inorgánicas permiten una eficiente destrucción ó arrastre de aflatoxinas en grandes cantidades de productos agrícolas contaminados (32).

La presencia de un anillo de lactona en la molécula de las aflatoxinas las hace susceptibles a la hidrólisis alcalina.



AFLATOXINA B<sub>1</sub>

FIGURA 3



AFLATOXINA B<sub>2a</sub>

El hidróxido de calcio usado para la nixtamalización del maíz tiene también un efecto en el contenido de aflatoxinas disminuyéndolo hasta en un 62.2% con respecto a su contenido original en el maíz, sin embargo la pérdida efectiva, es decir por destrucción, es de solo 28.75%, el resto es arrastrado en el nejayote y en el agua de lavado.

También el uso del hidróxido de amonio reduce el contenido de aflatoxina B<sub>1</sub>. El efecto combinado de la extrusión de maíz a 180°C con el hidróxido de amonio a concentraciones de 1% en peso de maíz demostró que hay reducción en el contenido total de aflatoxinas entre un 93 y un 98% (Alanis 1984). Cabe mencionar, que como la concentración inicial de aflatoxinas era de 3,200 ppb, la concentración final fue de 230 ppb, que son todavía un problema de salud pública.

El tratamiento de sémolas de maíz con amoniaco según Beckwith y col. (1975) puede ligar covalentemente la aflatoxina B<sub>1</sub> con las proteínas y constituyentes solubles en agua del maíz, pudiendo ser ingeridas por animales sin efectos negativos una vez que el olor y sabor asociados con el amoniaco son eliminados.

## I.6 PROCESO-DE NIXTAMALIZACION EN MAIZ

El proceso fundamental en la elaboración de tortillas es la nixtamalización, que consiste en un proceso térmico-alcalino que trae como resultado el desprendimiento de la cáscara y la suavización del grano con una pérdida parcial de ciertos componentes y pérdida importante de fibra cruda, ocurriendo ciertos cambios físico-químicos (11).

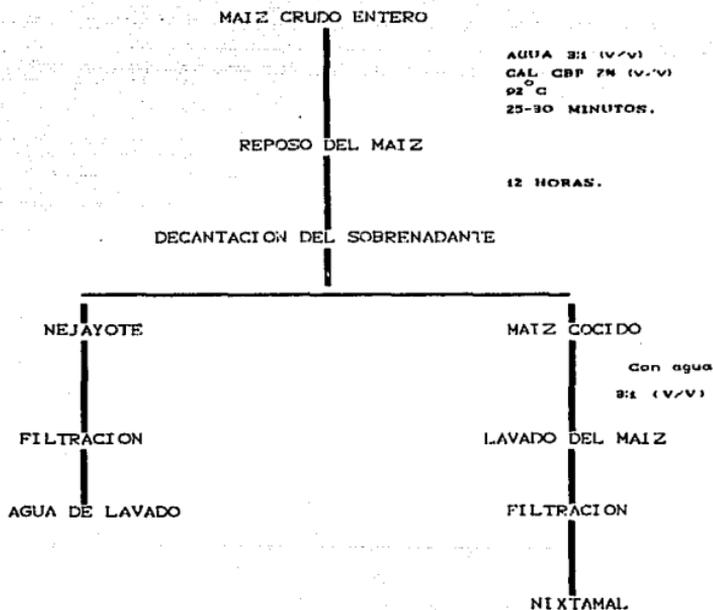
Entre los cambios que sufre el maíz destaca el aumento de disponibilidad de algunos aminoácidos esenciales como lisina, treonina, histidina y metionina ( el triptofano también aumenta ligeramente ). El aumento en la disponibilidad, es debido a que el calcio interacciona con los enlaces disulfuro de residuos de cistina de la fracción proteica glutelina del grano, provocando que el complejo se abra y deje disponibles a los aminoácidos (28). Por el contrario, la fracción ceína se hace menos digerible.

Otro cambio que resulta importante es la liberación de vitaminas que se encuentran formando parte de un complejo que resulta difícil de atacar por las enzimas digestivas de monogástricos, de manera que este proceso aumenta la

disponibilidad de las vitaminas. El aumento en la disponibilidad de la niacina trae como consecuencia la aparente ausencia de pelagra en México (4).

Ocurren también cambios físicos como el desprendimiento del pericarpio así como el cambio de textura y consistencia del grano lo que es importante en la manufactura de la tortilla. Esto resulta como consecuencia del efecto conjunto temperatura y cal que actúan provocando una gelatinización parcial del almidón.

# PROCESO DE NIXTAMALIZACION



## II. MATERIALES Y METODOS.

### II.1. REACTIVOS.

- H<sub>2</sub>O destilada.
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1.25% y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.
- Pastillas catalizadoras para microkjeldhal (1.5g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.0075g Se).
- HBr al 4% (v/v)
- Indicador Ácido/base (rojo de metilo 0.2% , azul de metileno 0.2% 2:1)
- HCl 0.006 N.
- Eter etílico.
- NaOH al 1.25% (p/v)
- NaCl 5 % (p/v)
- Metanol al 80% (v/v)
- Metanol grado HPLC.
- Revelador para Aflatest.
- Ca(OH)<sub>2</sub>

## II. 2. MATERIAL.

- Maiz sano crudo.
- Maiz sano nixtamalizado.
- Maiz contaminado crudo.
- Maiz contaminado nixtamalizado.
- Pesafiltros de aluminio.
- Crisoles de porcelana.
- Piseta.
- Tubos para microkjeldhal.
- Pipetas de 5 ml.
- Vasos de precipitados de 100 ml y 250 ml.
- Matraces erlenmeyer de 250 ml.
- Bureta de 50 ml.
- Extractores, matraces y refrigerantes Soxhlet.
- Vasos, anillos y juntas de hule Goldfish.
- Asbesto digerido y crudo.
- Papel filtro Whatman 9348 H, papel filtro de poro abierto, y
- Papel seda especial.
- Crisoles Goosh.
- Matraz Kitasato de 500 ml.

- Empaques de caucho.
- Columnas de Aflatest.
- Jeringa de Aflatest

### II.3. EQUIPO.

- Kjeltec sistem 1002. Distiling unit. TECATOR.
- Vortex.
- Fluorómetro para Aflatest
- Estufa con vacío
- Mufia Thermoline 1400.
- Digestor microkjeldhal
- Equipo Soxhlet.
- Equipo Goldfish.
- Balanzas analítica y granataria.
- Molino para granos.
- Tamices.
- Equipo para fibra cruda.

## II. 4. TRABAJOS PERSONALES.

Se empleó la variedad H 422 de granos de maíz blanco farináceo proporcionado por los Almacenes Nacionales de Depósito (ANDSA), proveniente de PRONACE (Productores Nacionales de Cereales).

Se estudiaron cuatro harinas, obtenidas a partir del grano de maíz sano crudo, sano nixtamalizado, contaminado (naturalmente) crudo y contaminado (naturalmente) nixtamalizado.

### II.4.1. PROCESO DE NIXTAMALIZACION

La harina del maíz destinado a nixtamalización fue tratada de la siguiente manera: se realizó la limpieza del grano, retirando todo tipo de material extraño, con excepción de los granos dañados; al maíz crudo se le agregó agua hirviendo en proporción de 3:1 y cbp 2% peso en volumen de cal. Dejándose hervir durante 30 minutos, seguido de un reposo de 12 horas.

Después se desechó el agua y se lavó nuevamente el maíz con agua caliente en proporción de 3:1 (v/v). Seguido de la

eliminación del agua de lavado, para realizar la molienda con la ayuda de un molino de bolas y por último el secado del harina hasta aproximadamente un 10% de humedad.

## II.5 DETERMINACION DE HUMEDAD.

Se pesaron de 2 a 3 g de cada una de las harinas por separado en pesafiltros de aluminio con tapa (previamente pesados después de secarlos durante 2 hs. a una temperatura de 130°C). Se secaron las muestras durante 1 hora en la estufa a la misma temperatura con la ventilación abierta. Se retiraron de la estufa y taparon, dejándose enfriar en desecadores y pesándose inmediatamente después de alcanzar el equilibrio con la temperatura ambiente.

La ecuación:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{A - B \times 100}{M} \quad \text{en donde}$$

A = peso pesafiltro mas muestra.

B = peso pesafiltro mas muestra despues de secar en mufla.

M = peso muestra.

se utilizó para conocer la humedad en cada una de las muestras.

## II.8 DETERMINACION DE CENIZAS.

Se pesaron alrededor de 5 g de cada harina colocadas por separado en cápsulas que fueron pesadas después de haber sido calcinadas durante 2 hrs. a 600°C. Se calcinaron las muestras tras previa carbonización con mechero, introduciéndolas a la mufla (cuidando que la temperatura no alcanzara mas de 650°C para evitar la volatilización de los cloruros ). El calentamiento se suspendió cuando las cenizas tomaron un color gris uniforme en toda la superficie. Se enfriaron en desecadores y por último se pesaron.

según la fórmula siguiente:

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(\text{peso cápsula mas cenizas} - \text{peso cápsula vacía}) \times 100}{\text{peso muestra}}$$

se analizaron cada una de las harinas para determinar su porcentaje de cenizas.

## II.7 DETERMINACION DE PROTEINAS ( Método de Microkjeldhal ).

Se pesaron de 0.2 a 0.6 g de muestra y se le añadieron 5 ml de ácido sulfúrico concentrado y una pastilla catalizadora. posteriormente se procedió a digerir la muestra hasta obtener una solución completamente clara, una vez enfriado a temperatura ambiente, se colocó el tubo contenedor de dicha solución dentro del destilador Kjeltel, destilándose aproximadamente 50 ml de muestra sobre 15 ml de ácido bromhídrico al 4 %, al que se le añadieron previamente dos gotas del indicador; por último, se procedió a titular cada una de las muestras.

Empleando las siguientes ecuaciones, se obtiene el porcentaje de proteína:

$$\% N = \frac{\text{muestra} - \text{blanco} \times (0.014) \text{ (N HBr)}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ proteína cruda} = \% N \times 6.25$$

## II.8 DETERMINACION DE GRASA CRUDA.

Se pesaron de 2 a 5 g de cada una de las muestras por separado en cartuchos de cartón, colocando éstos en los extractores, y cuidando que su extremo superior quedara cubierto ( para evitar pérdidas de muestra ). Por otro lado, los matraces con piedras porosas ( para regular la ebullición ), se llevaron a la estufa a una temperatura de 100°C durante dos horas, se enfriaron y pesaron.

Cada matraz se conectó a su respectivo extractor, y estos a su vez a los refrigerantes. Se agregó éter dietílico por el refrigerante en una cantidad equivalente a dos cargas. Se calentó con parrilla eléctrica bajo una campana cerrada durante aproximadamente cuatro horas y media, este calentamiento continuó hasta eliminación del éter etílico, recuperándolo antes de la descarga. Se retiró el matraz y calentó bajo la campana hasta la total evaporación del éter. Se secó el extracto a 100°C enfrió y pesó.

La evaluación de los resultados se realizó según la fórmula:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{\text{peso matraz mas extracto} - \text{peso matraz vacio}}{\text{peso muestra}} \times 100$$

## II.9. DETERMINACION DE FIBRA CRUDA.

Se pesaron de 2 a 5 g de muestra desengrasada, colocándose en el vaso digestor junto con un gramo de asbesto preparado y 200 ml. de ácido sulfúrico al 1.25% hirviendo. Se sometió a un reflujo de 30 minutos y posteriormente se filtró a través de papel seda especial, lavando con agua destilada caliente hasta la desaparición de la reacción ácida al rojo de metilo. El residuo que quedó en el filtro se pasó al vaso digestor repitiendo la operación con solución hirviendo de hidróxido de sodio al 1.25%. Después de reflujar por 30 minutos se filtró sobre el mismo papel seda, lavándose con 25 ml. de  $H_2SO_4$  al 1.25% hirviendo y con tres porciones de 50 ml. de agua destilada caliente comprobando que el filtrado no diera reacción alcalina.

El residuo se trasvasó cuantitativamente a un vaso de precipitados lavando con agua; se filtró sobre un crisol goosh ( que lleva una delgada capa de asbesto y que fue calcinado durante una hora a  $600^{\circ}C$ ), llevándose a la estufa a  $130^{\circ}C$  durante 2 horas enfriándolo y pesándolo. Posteriormente, se llevó a la mufla y calcinó a  $600^{\circ}C$  durante 30 minutos, se enfrió y pesó.

Se determinó un blanco tratando un gramo del asbesto preparado con ácido y álcali de la misma manera que se procedió para la muestra.

$$\% \text{ FIBRA CRUDA} = \frac{A - B \times 100}{m}$$

Donde:

A= Peso goosh después de 2 hs. a 130 grados centígrados - peso goosh después de calcinar 30 minutos a 600 grados centígrados.

B= Peso perdido en la determinación del blanco.

m= Peso de muestra original.

## II.10 CARBOHIDRATOS ASIMILABLES OBTENIDOS POR DIFERENCIA..

Los carbohidratos asimilables, son los carbohidratos no fibrosos es decir, los almidones y azúcares.

Sumando los porcentajes de humedad, cenizas, proteína, grasa cruda y fibra cruda, se obtiene un total, el cual se resta de 100, obteniéndose una diferencia que corresponde a los carbohidratos asimilables.

## II.11 CUANTIFICACION DE AFLATOXINAS POR EL METODO DE AFLATEST.

Existen diversos métodos de análisis cuantitativo de aflatoxinas, como la cromatografía de líquidos a alta presión ( HPLC ), cromatografía en capa fina, inmunoenzimáticos (ELISA) y aflatest, metodología que utiliza una columna de afinidad conteniendo anticuerpos monoclonales específicos.

El método de HPLC es considerado el más preciso por determinar cada tipo de aflatoxina ( B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub> ). Este método tiene el inconveniente de ser caro, lento, complicado y depende de una inversión inicial muy elevada.

El método de cromatografía en capa fina es un método lento, utiliza estándares de aflatoxina puros ( muy peligroso ) y el resultado es semicuantitativo.

Los métodos ELISA no son tan confiables obteniéndose resultados erróneos debido a falsos positivos.

Aflatest presenta la ventaja de ser un método rápido, cuantitativo ( comparable a HPLC ), seguro, se usan estándares

fluorométricos sellados y de bajo costo de inversión en un equipo de fluorometría Sequoia-Turner.

El método consiste básicamente en:

Extracción con metanol al 80%

Filtración gravimétrica por papel filtro

Retención en columna de la aflatoxina

Elución

Lectura en fluorómetro (método cuantitativo, con una precisión de 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ( ppb ).

En este trabajo se utilizó éste último método para la cuantificación del total de aflatoxinas presentes en las muestras estudiadas, realizándose la extracción y cuantificación de la siguiente manera:

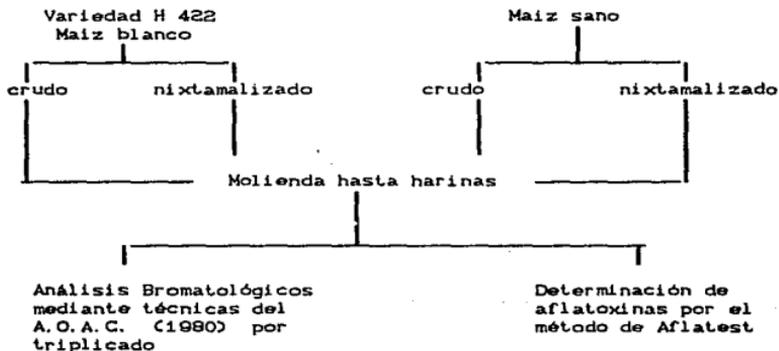
Se pesaron 50g. de muestra molida y 5 g. de cloruro de sodio en un frasco, y se les agregó 100 ml. de metanol al 80% , mezclando todo durante 1 minuto. En seguida se filtró a través de papel filtro común, obteniéndose 10 ml. a los que se les agregó 40 ml. de agua destilada, mezclando a mano. Posteriormente se agregaron 10 ml. del extracto dentro de una jeringa inyectándose a través de la columna recibiendo el líquido en el frasco de residuo.

Una vez que se recibió todo el líquido, se lavó la columna con 20 ml. de agua destilada, desechando el residuo. En seguida se pipeteó 1 ml. de metanol grado HPLC a través de la columna, recibiendo en una cubeta de fluorómetro, a la que después se le agregó 1 ml. de revelador, mezclando todo durante 15 min. con ayuda de un vortex. Como paso final, se leyó el resultado en el fluorómetro calibrado previamente con estándares de Aflatest, en donde la lectura digital representa la cantidad de aflatoxinas totales presentes en la muestra expresadas en  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (ppb).

### III. RESULTADOS.

Todos los granos se molieron con un molino de bolas hasta una granulometría de 80 mallas, y posteriormente se analizaron de acuerdo con las técnicas establecidas en el A.O.A.C. (1980), efectuándose por triplicado.

#### FLUJO DE TRABAJO



IV.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS BROMATOLOGICOS

# DE MUESTRA:

HARINA:

1. Harina de maiz sano crudo ( M. S. C. )
2. Harina de maiz sano nixtamalizado ( M. S. N. )
3. Harina de maiz contaminado crudo ( M. C. C. )
4. Harina de maiz contaminado nixtamalizado ( M. C. N. )

ANALISIS BROMATOLOGICO	HARINAS ESTUDIADAS			
	MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3	MUESTRA # 4
HUMEDAD	13.65 ( $\pm 0.033$ )	8.72 ( $\pm 0.025$ )	10.34 ( $\pm 0.031$ )	10.27 ( $\pm 0.005$ )
CENIZAS	2.30 ( $\pm 0.200$ )	3.75 ( $\pm 0.004$ )	2.77 ( $\pm 0.079$ )	2.21 ( $\pm 0.042$ )
LIPIDOS	5.39 ( $\pm 0.113$ )	4.72 ( $\pm 0.020$ )	4.37 ( $\pm 0.021$ )	4.32 ( $\pm 0.032$ )
PROTEINA	8.15 ( $\pm 0.017$ )	7.89 ( $\pm 0.020$ )	7.53 ( $\pm 0.011$ )	7.83 ( $\pm 0.028$ )
FIBRA CRUDA	11.77 ( $\pm 0.257$ )	0.919 ( $\pm 0.001$ )	9.70 ( $\pm 0.201$ )	0.720 ( $\pm 0.003$ )
CARBOHIDRATOS TOTALES	58.18	73.99	65.28	74.65

\* Ver ANEXO III.

### III.1 ANALISIS ESTADISTICO

El estudio estadístico se realizó mediante el método de análisis de varianza (ANOVA). Este análisis se realizó sobre los datos de todas las determinaciones realizadas de la siguiente manera:

#### III.1.1 Determinación de humedad:

La importancia de esta determinación radica en la necesidad de obtener resultados expresados en base seca, con el fin de que los datos del análisis bromatológico sean confiables y reproducibles (tomando en cuenta que la humedad es variable en cada caso).

#### a) Maiz sano crudo vs. maiz sano nixtamalizado

	A	B	$\Sigma$ A+B
(1)	13.8874	8.7373	22.4247
(2)	13.8483	8.7478	22.3961
(3)	<u>13.8211</u>	<u>8.7001</u>	<u>22.3212</u>
$\Sigma$	40.9568	26.1852	67.1420

De la tabla # 1 ( ver Anexo II ) y los cálculos realizados ( ver Anexo I ), se concluye que:

$F_{\text{calc}} \text{ repeticiones} \leq F_{\text{teo}} \text{ repeticiones} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

$F_{\text{calc}} \text{ tipo maiz} \geq F_{\text{teo}} \text{ tipo maiz} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad en esta determinación.

Realizando los mismos cálculos como se muestra en el ANEXO I:

b) Maiz contaminado crudo vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	10.3743	10.2732	20.6475
(2)	10.3120	10.2800	20.5920
(3)	10.3418	10.2843	20.6261
$\Sigma$	31.0281	30.8375	61.8656

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F. teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.004	0.004	2.500	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0008	0.0004	0.500	19.00	99%
Error	2	0.0032	0.0016			
Total	5	0.008				

Entonces, para Tipo de maiz:

$F \text{ calc.} \leq F \text{ teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre tipos  
99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F \text{ calc.} \leq F \text{ teo} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre  
repeticiones con 99% de confiabilidad.

c) Maiz Sano crudo vs. Maiz contaminado crudo

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	13.6874	10.3743	24.0617
(2)	13.6483	10.3120	23.9603
(3)	<u>13.6211</u>	<u>10.3418</u>	<u>23.9629</u>
$\Sigma$	40.9568	31.0281	71.9849

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	16.4298	16.4298	3865.8	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0033	0.0016	0.3882	19.00	99%
Error	2	0.0085	0.0042			
Total	5	16.4416				

Entonces, para tipos de maiz:

$F \text{ calc.} \geq F \text{ teo.} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz con un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F \text{ calc.} \leq F \text{ teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones con un 99% de confiabilidad.

d) Maiz Sano Nixtamalizado vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma A + B$
C(1)	8.7373	10.2732	19.0105
C(2)	8.7478	10.2800	19.0278
C(3)	8.7001	10.2843	18.9844
$\Sigma$	26.1852	30.8375	57.0227

	G.L	S.C.	S.C.M.	F calc.	F. teo.	Conf.
Tipo maiz	1	3.6007	3.6007	1059.2	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0005	0.0002	0.0735	19.00	99%
Error	2	0.0068	0.0034			
Total	5	3.6148				

Entonces, para tipo de maiz:

$F \text{ calc.} \geq F \text{ teo.} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipo de maiz con un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F \text{ calc.} \leq F \text{ teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre las repeticiones con un 99% de confiabilidad.

### III.1.2 Determinación de Cenizas.

La determinación de cenizas es importante, pues gracias a ésta se puede cuantificar de una forma general el contenido de minerales presentes en las distintas muestras a analizar.

a) Maiz Sano Crudo vs. Maiz Sano Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	2.3877	3.7524	6.1401
(2)	2.4510	3.7548	6.2058
(3)	<u>2.0756</u>	<u>3.7435</u>	<u>5.8211</u>
$\Sigma$	6.9143	11.2527	18.1670

---

	G.L	S.C	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	3.1370	3.1370	209.13	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0423	0.0211	1.4066	19.00	99%
Error	2	0.0300	0.0150			
Total	5	3.2178				

---

Entonces para tipo de maiz:

F calc.  $\geq$  F teo.  $\rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipo de maiz a un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

F calc.  $\leq$  F teo.  $\rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad

b) Maiz Contaminado Crudo vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma$ A + B
(1)	2.7137	2.2670	4.9807
(2)	2.8670	2.1925	5.0595
(3)	<u>2.7573</u>	<u>2.1936</u>	<u>4.9509</u>
$\Sigma$	8.3380	6.6531	14.99

---

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.4731	0.4732	70.61	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0031	0.0015	0.483	19.00	99%
Error	2	0.0135	0.0067			
Total	5	0.4897				

---

Entonces, para tipo de maiz:

F calc.  $\geq$  F teo.  $\rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F \text{ calc.} \leq F \text{ teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

c) Maiz Sano Crudo vs. Maiz Contaminado Crudo.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	2.3877	2.7137	5.1014
(2)	2.4510	2.8670	5.3180
(3)	<u>2.0756</u>	<u>2.7573</u>	<u>4.8329</u>
$\Sigma$	6.9143	8.3380	15.2549

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.3378	0.3378	19.75	18.51	99%
Repeticiones	2	0.590	0.0295	1.725	19.00	99%
Error	2	0.0342	0.0171			
Total	5	0.4310				

Entonces para tipos de maiz:

$F \text{ calc.} \geq F \text{ teo.} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz con un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

F calc.  $\leq$  F teo.  $\rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

d) Maiz Sano Nixtamalizado vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado

	A	B	$\Sigma$ A + B
(1)	3.7524	2.267	6.0194
(2)	3.7548	2.1925	5.9473
(3)	3.7455	2.1938	5.9391
$\Sigma$	11.2527	6.6531	17.9058

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	3.5260	3.5260	3917	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0019	0.0008	0.944	19.00	99%
Error	2	0.0018	0.0009			
Total	5	3.5297				

Entonces para tipo de maiz:

F calc.  $\geq$  F teo.  $\rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F_{\text{calc.}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

### III.1.3 Determinación de Proteína.

De la misma manera que las pruebas anteriores, la determinación de proteína en cada muestra es necesaria para poder visualizar de que manera afectan la nixtamalización y/o contaminación fúngica en la calidad del grano.

a) Maíz Sano Crudo vs. Maíz Sano Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	8.14	7.89	16.03
(2)	8.17	7.87	16.04
(3)	8.14	7.91	16.05
$\Sigma$	24.45	23.67	48.12

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.1014	0.1014	156.00	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0001	0.00005	0.0789	19.00	99%
Error	2	0.0013	0.00065			
Total	5	0.1028				

Entonces para tipo de grano:

$F_{\text{calc.}} \geq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F_{\text{calc.}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa para repeticiones para un 99% de confiabilidad.

b) Maiz Contaminado Nixtamalizado vs. Maiz Contaminado Crudo.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	7.53	7.82	15.35
(2)	7.55	7.87	15.42
(3)	7.53	7.82	15.35
$\Sigma$	22.61	23.51	46.12

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.1350	0.1350	158.82	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0017	0.0008	0.566	19.00	99%
Error	2	0.003	0.0015			
Total	5	0.1370				

Entonces para tipo de maiz:

$F_{calc.} \geq F_{teo.} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F_{calc.} \leq F_{teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

c) Maiz Sano Crudo vs. Maiz Contaminado Crudo.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	8.14	7.53	15.67
(2)	8.17	7.55	15.72
(3)	8.14	7.53	15.67
$\Sigma$	24.45	22.61	47.06

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.584	0.584	1410.5	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0008	0.0004	8.00	19.00	99%
Error	2	0.0001	0.00005			
Total	5	0.5851				

Entonces, para tipo de maiz :

$F_{calc.} \geq F_{teo} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz con un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones :

$F_{calc.} \leq F_{teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones con un 99% de confiabilidad.

d) Maiz Sano Nixtamalizado vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	7.89	7.82	15.71
(2)	7.87	7.87	15.74
(3)	7.91	7.82	15.73
$\Sigma$	<u>23.67</u>	<u>23.51</u>	<u>47.18</u>

---

	G. L.	S. C.	S. C. M.	Fcalc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.004	0.004	40.00	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0002	0.0001	0.088	19.00	99%
Error	2	0.0023	0.0011			
Total	5	0.0083				

---

Entonces, para tipos de maiz :

$F_{calc.} \leq F_{teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones :

$F_{calc.} \geq F_{teo.} \rightarrow$  SI hay diferenciasignificativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

### III.1.4 Determinación de Fibra Cruda.

El objeto de esta determinación es conocer la cantidad de fibra cruda que se pierde tanto por el proceso de nixtamalización como por el efecto de contaminación fúngica.

a) Maiz Crudo Sano vs. Maiz Nixtamalizado Sano.

	A	B	Σ A + B
(1)	11.725	0.915	12.64
(2)	11.273	0.922	12.95
(3)	11.712	0.917	12.629
Σ	34.51	2.754	37.264

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	168.074	168.074	131.58	18.51	99%
Repeticiones	2	2.550	1.277	1.165	19.00	99%
Error	2	2.1917	1.095			
Total	5	172.8213				

Entonces, para tipos de maiz :

$F \text{ calc.} \geq F \text{ teo.} \rightarrow$  SI hay diferencia entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones :

F calc.  $\leq$  F teo  $\rightarrow$  NO hay diferencia entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

b) Maiz Contaminado Crudo vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	9.89	0.7250	10.4150
(2)	9.78	0.719	10.499
(3)	9.71	0.721	10.431
$\Sigma$	29.18	2.165	31.345

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	121.635	121.635	135.150	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0019	0.009	0.89	19.00	99%
Error	2	0.0028	0.0013			
Total	5	121.639				

Entonces, para tipos de maiz :

F calc.  $\geq$  F teo.  $\rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones :

$F_{\text{calc.}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

c) Maiz Sano Crudo vs. Maiz Contaminado Crudo

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	11.725	9.69	21.415
(2)	11.273	9.78	21.053
(3)	11.712	9.71	21.422
$\Sigma$	34.71	29.18	63.89

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	5.0968	5.0968	229.5955	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0445	0.0222	0.4810	19.00	99%
Error	2	0.0925	0.0461			
Total	5	5.2336				

Entonces, para tipo de maiz :

$F_{\text{calc.}} \geq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones :

$F_{\text{calc.}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa para repeticiones para un 99% de confiabilidad.

d) Maiz Sano Nixtamalizado vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	0.915	0.725	1.64
(2)	0.922	0.719	1.641
(3)	0.917	0.721	1.638
$\Sigma$	2.754	2.165	4.919

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.0578	0.0578	0.00	18.51	99%
Repeticiones	2	0.00	0.00	0.00	19.00	99%
Error	2	0.00	0.00			
Total	5	0.0578				

Entonces, para tipo de maiz :

$F_{\text{calc.}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre tipo de maiz con un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones :

$F_{\text{calc.}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones con un 99 % de confiabilidad.

### III.1.5 Determinación de Grasa.

a) Maiz Sano Crudo vs. Maiz Sano Nixtamalizado

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	5.280	4.746	10.026
(2)	5.396	4.726	10.122
(3)	5.512	4.706	10.218
$\Sigma$	16.188	14.178	30.366

	G. L.	S. C.	S. C. M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.6733	0.8733	146.36	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0092	0.0046	0.5	19.00	99%
Error	2	0.0185	0.0092			
Total	5	0.7010				

Entonces, para tipos de maiz:

$F \text{ calc.} \geq F \text{ teo.} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F_{\text{calc}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

b) Maiz Sano Crudo vs. Maiz Contaminado Crudo.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	5.28	4.394	9.674
(2)	5.396	4.352	9.748
(3)	5.512	4.373	9.885
$\Sigma$	16.188	13.119	29.307

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	1.5697	1.5697	20.385	18.51	99%
Repeticiones	2	-0.1540	0.077	4.03	19.00	99%
Error	2	0.0383	0.0191			
Total	5	1.454				

Entonces, para tipo de maiz:

$F_{\text{calc.}} \geq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  SI hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

F calc.  $\leq$  F teo.  $\rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

c) Maiz Sano Nixtamalizado vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma$ A + B
(1)	4.74	4.32	9.06
(2)	4.72	4.29	9.04
(3)	4.70	4.36	9.06
$\Sigma$	14.16	12.97	27.16

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.2368	0.2368	0.579	18.51	99%
Repeticiones	2	0.8166	0.4083	1.020	19.00	99%
Error	2	-0.8	0.4			
Total	5	0.2401				

Entonces, para tipos de maiz:

F calc.  $\leq$  F teo.  $\rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F \text{ calc.} \leq F \text{ teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

d) Maiz Contaminado Crudo vs. Maiz Contaminado Nixtamalizado.

	A	B	$\Sigma A + B$
(1)	4.39	4.32	8.71
(2)	4.35	4.29	8.64
(3)	4.37	4.36	8.73
$\Sigma$	13.11	12.97	26.08

	G.L.	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo.	Conf.
Tipo maiz	1	0.0032	0.0032	2.90	18.51	99%
Repeticiones	2	0.0022	0.0011	2.0	19.00	99%
Error	2	0.0011	0.0055			
Total	5	0.0085				

Entonces, para tipos de maiz:

$F \text{ calc.} \leq F \text{ teo.} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre tipos de maiz para un 99% de confiabilidad.

Para repeticiones:

$F_{\text{calc.}} \leq F_{\text{teo.}} \rightarrow$  NO hay diferencia significativa entre repeticiones para un 99% de confiabilidad.

### III.2 Cálculo de carbohidratos por diferencia.

#### a) Maíz Sano Crudo.

Grasa	5.39 %
Fibra Cruda	11.70 %
Humedad	13.65 %
Cenizas	2.30 %
Proteína	8.15 %
	<hr/>
	41.19 %

Por diferencia se obtienen los carbohidratos totales :

$$100 - 41.19 = 58.81$$

Análisis Proximal en Base Seca :

$$100 \% - 13.65 \% = 86.35 \%$$

% Grasa	5.39 %	86.35 %	
	x	100 %	x = 6.242 %
% Fibra	11.7 %	86.35 %	
	x	100 %	x = 13.549 %
% Ceniza	2.3 %	86.35 %	
	x	100 %	x = 2.663 %
% Proteína	8.15 %	86.35 %	
	x	100 %	x = 9.438 %
% Carbohidratos	58.81 %	86.35 %	
	x	100 %	x = 68.106 %
			<hr/>
			99.99 %

b) Maiz Sano Nixtamalizado.

Grasa	4.728 %
Fibra Cruda	0.919 %
Humedad	8.72 %
Cenizas	3.75 %
Proteína	7.89 %
	<hr/>
	26.005 %

Por diferencia se obtienen los carbohidratos totales :

$$100 \% - 26.005 \% = 73.995 \%$$

Análisis Proximal en Base Seca :

$$100 \% - 8.72 \% = 91.28 \%$$

% Grasa	4.728 %	91.28 %	
	x	100 %	x = 5.177 %
% Fibra	0.919 %	91.28 %	
	x	100 %	x = 1.006 %
% Cenizas	3.75 %	91.28 %	
	x	100 %	x = 4.108 %
% Proteína	7.89 %	91.28 %	
	x	100 %	x = 8.643 %
% Carbohidratos	73.995 %	91.28 %	
	x	100 %	x = 81.063 %
			<hr/>
			99.99 %

c) Maiz Contaminado Crudo.

Grasa	4.373 %
Fibra Cruda	9.7 %
Humedad	10.34 %
Cenizas	2.77 %
Proteína	7.53 %
	<hr/>
	34.713 %

Por diferencia se obtienen los carbohidratos totales :

$$100 \% - 34.713 \% = 65.287 \%$$

Análisis Proximal en Base Seca :

$$100 \% - 10.34 \% = 89.66 \%$$

% Grasa	4.373 %	89.66 %	
	x	100 %	x = 4.877 %
% Fibra	9.7 %	89.66 %	
	x	100 %	x = 10.818 %
% Cenizas	2.77 %	89.66 %	
	x	100 %	x = 3.089 %
% Proteína	7.53 %	89.66 %	
	x	100 %	x = 8.398 %
% Carbohidratos	65.287 %	89.66 %	
	x	100 %	x = 72.816 %
			<hr/>
			99.99 %

d) Maíz Contaminado Nixtamalizado.

Grasa	4.32 %
Fibra Cruda	0.72 %
Humedad	10.27 %
Cenizas	2.21 %
Proteína	7.83 %
	<hr/>
	25.35 %

Por diferencia se obtienen los carbohidratos totales :

$$100 \% - 25.35 \% = 74.65 \%$$

Análisis Proximal Base Seca :

$$100 \% - 10.27 \% = 89.73 \%$$

% Grasa	4.32 %	89.73 %	
	x	100 %	x = 4.61 %
% Fibra	0.72 %	89.73 %	
	x	100 %	x = 0.802 %
% Cenizas	2.21 %	89.73 %	
	x	100 %	x = 2.462 %
% Proteína	7.83 %	89.73 %	
	x	100 %	x = 8.726 %
% Carbohidratos	74.65 %	89.73 %	
	x	100 %	x = 83.194 %
			<hr/>
			99.99 %

### III.3 Determinación de Aflatoxinas por el método Aflatest.

#### a) Maiz Contaminado Crudo :

De la determinación de aflatoxinas realizada por medio del método de Aflatest, se obtuvieron los siguientes resultados:

Maiz proporcionado por ANDSA.

# de repetición	Concentración de Aflatoxinas ( $\mu\text{g} / \text{Kg}$ )
1	64
2	64
3	64

b) Maiz Contaminado Nixtamalizado :

Maiz proporcionado por ANDSA.

# repetición	Concentración de Aflatoxinas ( $\mu\text{g} / \text{Kg}$ )
1	22
2	22
3	22

c) Maiz Sano Crudo :

Maiz proveniente de Tamaulipas.

# repetición	Concentración de Aflatoxinas ( $\mu\text{g} / \text{Kg}$ )
1	0
2	0
3	0

d) Maiz Sano Nixtamalizado :

No se realizó la determinación, ya que el maiz sano carece de cualquier contenido de aflatoxinas, por lo que se concluye que el nixtamalizado se encuentra en el mismo caso.

#### IV. ANALISIS DE RESULTADOS.

Cada una de las determinaciones practicadas a los cuatro tipos de harina ( maiz sano crudo, maiz sano nixtamalizado, maiz contaminado crudo y maiz contaminado nixtamalizado ), se realizaron por triplicado con el fin de obtener resultados confiables.

Cabe mencionar que además, se utilizaron como métodos estadísticos para manejo de datos, tanto cálculos de desviación estándar como de análisis de varianza, para cada parámetro a considerar. Del cálculo de desviación estándar se obtuvo un rango de confiabilidad para manejo de datos, mientras que por medio del cálculo de análisis de varianza se infiere la presencia o ausencia según fuera el caso de diferencias significativas entre repeticiones; siendo todavía más importante entre tipos de maiz. Para ambos puntos se manejaron confiabilidades de el noventa y nueve por ciento (99%).

Ya que el objetivo principal de éste trabajo es el estudio del efecto de la nixtamalización sobre los nutrimentos principales del maiz sano y contaminado naturalmente, se analizaron los resultados

obtenidos partiendo de lo anterior, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Con respecto al porcentaje de humedad encontrado en las muestras, la comparación entre maíz crudo y nixtamalizado en cualquiera de los dos casos ( sano y contaminado naturalmente ) no es lo suficientemente confiable, ya que durante el proceso de nixtamalización se incorpora agua al grano requiriéndose posteriormente de un secado. Como resultado de dicho proceso, los valores de humedad obtenidos no corresponden a las características originales del grano.

De cualquier manera es importante realizar esta determinación para contar con un análisis bromatológico completo en cada caso, y poder hacer el posterior cálculo en base seca.

Al comparar los valores de humedad correspondientes al maíz sano crudo y contaminado crudo, se observa un notable decremento en el contenido total como resultado de la contaminación fúngica, lo que posiblemente se debe a la necesidad del microorganismo por el agua para la realización de su propio metabolismo.

La pérdida de humedad puede incidir de manera importante sobre

la calidad del grano, ya que éste se vuelve más quebradizo, dificultándose posteriormente el manejo del mismo durante operaciones tales como almacenamiento, molienda y obtención de productos.

2. En cuanto al contenido de cenizas, éste aumenta con la nixtamalización para el maíz sano, debiéndose probablemente a las sales residuales depositadas sobre el grano durante el proceso térmico alcalino.

Entre maíz contaminado crudo y maíz contaminado nixtamalizado, se esperaría obtener la misma relación, sin embargo, los valores correspondientes al maíz contaminado crudo, son mayores a los del nixtamalizado, esto puede deberse a que algunos metabolitos producidos durante la contaminación interaccionan con los componentes del grano formando sales insolubles, las cuales durante el proceso térmico alcalino, se solubilizan y son arrastradas con el agua de lavado y nejayote, ó bien, a la formación de un complejo calcio-aflatoxina que sería también eliminado, por lo que para futuros trabajos dicha hipótesis podría verificarse; de esta manera se podrían explicar los valores mas bajos para maíz sano crudo con respecto a los de maíz sano nixtamalizado.

Ahora bien, al comparar los resultados entre muestras nixtamalizadas, vemos que los valores son mayores para maiz sano que para el contaminado, esto debido a que las condiciones dadas por la contaminación y nixtamalización favorecen una pérdida de minerales en el caso del maiz contaminado. Por lo tanto, se supone que la causa de la disminución de minerales es principalmente la contaminación y no así la nixtamalización.

3. De las proteínas, observamos que hay una disminución significativa en el maiz contaminado crudo con respecto al maiz sano crudo. Esto bien puede deberse a la degradación que sufre la proteína para su aprovechamiento durante el crecimiento del hongo. En el caso del maiz sano nixtamalizado contra maiz contaminado nixtamalizado, ocurre el mismo fenómeno de disminución de proteína.

También se observa que durante la nixtamalización hay una disminución en el contenido de proteínas del grano de maiz crudo como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas y la posterior solubilización de sus aminoácidos estructurales, los cuales son arrastrados con el nejayote y el agua de lavado.

Ocurre lo mismo entre maiz contaminado crudo y maiz contaminado nixtamalizado.

Las posibles pérdidas producidas por la solubilización y arrastre de los aminoácidos de las proteínas durante la nixtamalización, no son tan importantes si se compara con el aumento en la disponibilidad de los mismos provocada por la interacción de calcio con los enlaces disulfuro de residuos de cistina de la fracción protéica glutelina del grano, haciendo que el complejo se abra y deje disponibles a aminoácidos tales como lisina, treonina, histidina y metionina. (28)

Se concluye que el hongo contaminante es proteolítico, dados los decrementos de proteína que se observan entre maiz sano crudo y maiz crudo contaminado naturalmente.

4. Con respecto al contenido de fibra cruda, los valores obtenidos para las harinas nixtamalizadas, comparados con los correspondientes a harinas crudas, se observa que las primeras presentaron un decremento considerable, resultante de la remoción de la cascarilla del grano durante el proceso de nixtamalización.

El maiz sano crudo presentó un mayor contenido de fibra cruda con respecto al maiz crudo contaminado naturalmente, pasando lo

mismo con las muestras nixtamalizadas de maíz sano y contaminado naturalmente. Esto se debe a que el hongo contaminante presenta actividad celulolítica (3), es decir, es capaz de biodegradar a la celulosa hasta moléculas de peso molecular menor, asimilables por el mismo.

Evidentemente la pérdida de fibra cruda durante el proceso de nixtamalización, viene acompañada de un cambio en la textura y consistencia del grano, lo que es importante en la manufactura de la tortilla. Esto resulta como consecuencia del efecto conjunto temperatura-cal que actúa provocando una gelatinización parcial del almidón.

Con todo lo anterior, se considera que aunque la pérdida de fibra cruda durante la nixtamalización es notable, no es relevante en cuanto a que represente un problema nutricional, ya que el maíz no es consumido como fuente de fibra cruda como tal.

5. La contaminación fúngica, así como la nixtamalización, provocan disminuciones en los valores del extracto etéreo (grasa) del grano.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Entre las harinas nixtamalizadas ( maiz sano nixtamalizado contra maiz contaminado nixtamalizado ) no hay diferencia significativa en cuanto al decremento en los valores de grasa cruda, tampoco en el caso de maiz contaminado crudo contra contaminado nixtamalizado. Asi mismo se observa que una vez contaminado el grano, el proceso de nixtamalización no causa una disminución significativa en el contenido de grasa.

Con base a lo anterior, el efecto de la nixtamalización sobre la fracción grasa del grano es más evidente en el caso del grano sano que en granos contaminados.

6. En lo concerniente a la destoxificación del maiz contaminado, naturalmente por medio del tratamiento térmico-alcalino una vez realizada la cuantificación de aflatoxinas por el método de Aflatest antes y después de dicho proceso, se encontró que para los niveles de contaminación presentes en las harinas del maiz proporcionado por A.N.D.S.A. ( 64  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ), se logró una reducción del 65.83% .

A pesar de que gracias a la nixtamalización se logró una destoxificación importante del grano, la cantidad de aflatoxinas residuales sobrepasa el límite permitido por la Secretaría de Salubridad y Asistencia para granos destinados a alimentación humana ( 21  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ). Por lo que habría que recurrir a operaciones complementarias ( vease recomendaciones ) ó para uso de alimentación animal.

Con respecto a la nixtamalización consideramos que es un proceso de descontaminación viable, si tomamos en cuenta que es un método económico y de fácil aplicación, además de cumplir con criterios tales como: destrucción ( aproximadamente en un 28.75 % ) y eliminación por medio del agua de lavado y nejayote; no deja residuos tóxicos o carcinógenos/mutágenos en el producto final; retiene el valor nutritivo del producto ( en comparación con otros métodos de descontaminación ) y su aceptabilidad.

## V CONCLUSIONES.

No siempre es posible impedir la contaminación por micotoxinas en maíz y otros productos agrícolas, por lo que es necesario encontrar alternativas de utilización para nuevos empleos a productos contaminados, de manera que se reduzca la pérdida económica. La molturación convencional y el mezclado para la producción de piensos reduce el contenido de aflatoxinas presentes en el grano de manera que el pienso posee niveles aceptables para determinadas especies animales. Sin embargo, la productividad de algunos animales puede reducirse y se corre el riesgo de que la contaminación por aflatoxinas pueda pasar a algunos productos animales que se utilizan como alimentos ( productos y subproductos lácteos ).

Se ha demostrado que algunas aflatoxinas ingeridas pueden pasar a tejido animal y a la leche ( aflatoxina M<sub>1</sub> ). Por lo tanto es indispensable que el contenido de aflatoxinas en los piensos permanezca bajo. Se deben fijar diferentes tolerancias para aflatoxinas dependiendo de la especie animal de que se trate, su edad y peso.

En resumen, la mezcla de material contaminado por aflatoxinas con material exento de ellas reduce el nivel efectivo de la micotoxina, método que usualmente se emplea en países en vías de desarrollo.

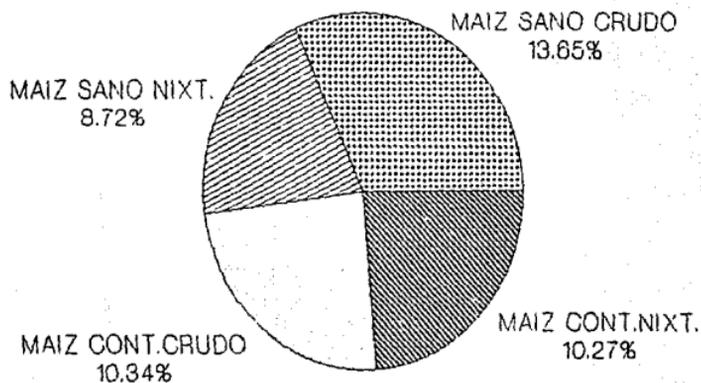
En vista de que los resultados obtenidos a partir de los diferentes procesos de descontaminación (incluyendo la nixtamalización) no han sido del todo satisfactorios, es necesario seguir investigando de manera que se encuentren mejores alternativas para la inactivación de aflatoxinas, que aseguren a corto y mediano plazo la destoxificación de los alimentos contaminados y la conservación de la salud del consumidor. También es necesaria la mejora de sistemas de cultivo, cosecha, manejo, almacenamiento y distribución de los granos, siendo indispensable conocer en que fases son vulnerables a la infección fungal que origina la formación de aflatoxinas; siendo de suma importancia el informar a la población de los peligros que implica el consumo de alimentos infestados por hongos como *Aspergillus flavus*, entre otros.

Además se deben dar incentivos para las organizaciones de almacenamiento y distribución, ofreciendo facilidades de precios a favor de productos de alta calidad, de manera que sea posible una eliminación paulatina de productos contaminados en el mercado nacional y mundial.

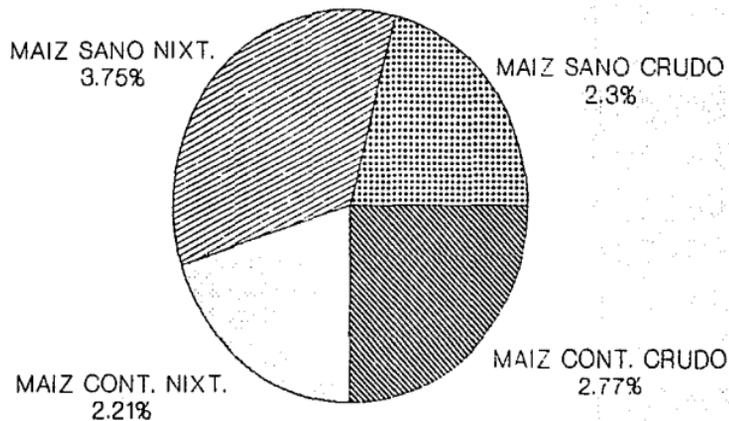
Otra alternativa a considerar, es el ensilado que consiste en someter al grano contenido en un silo a una fermentación anaerobia con el fin de promover una eliminación parcial de las aflatoxinas presentes en el maíz. Sin embargo, se considera una opción poco viable por el tiempo y costo que implica dicho proceso.

Por ningún motivo se recomienda tirar el maíz que esté contaminado con aflatoxinas, debido a que éstas son sumamente estables y se desconoce la magnitud de acarreo de éstas por vía aérea, así como la concentración de aflatoxinas por metro cúbico de aire.

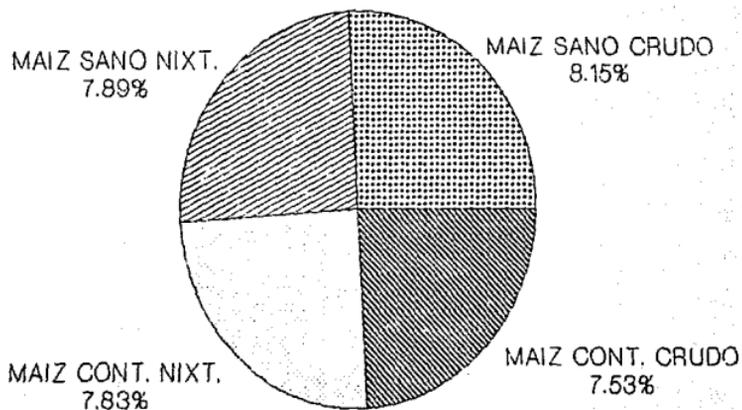
## COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS HUMEDAD



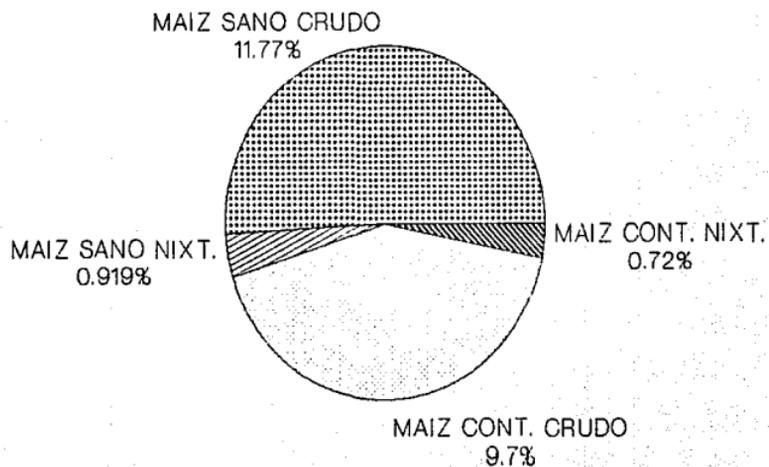
## COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS CENIZAS



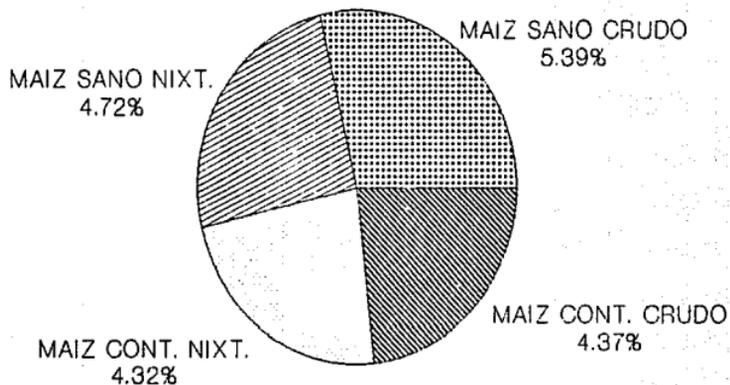
## COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS PROTEINAS



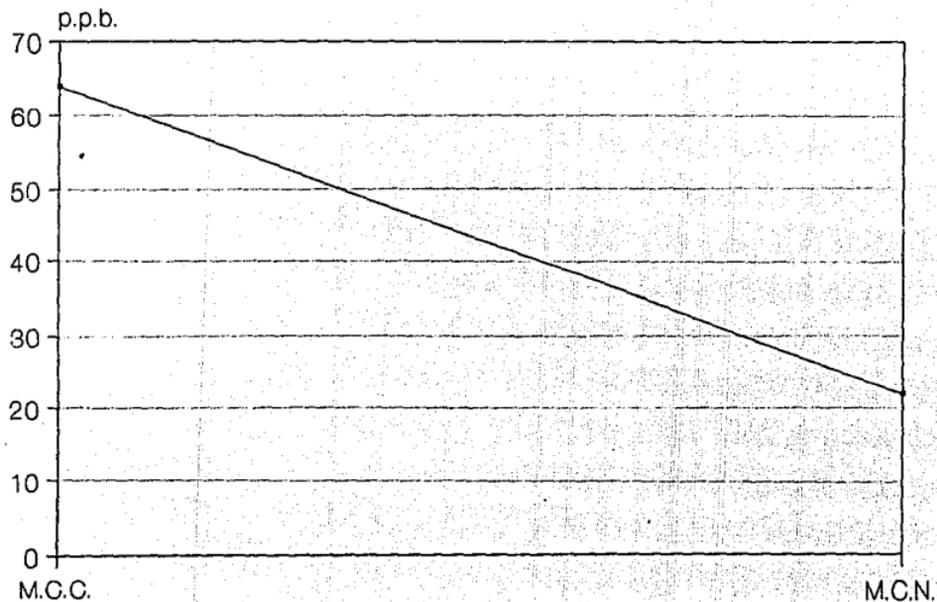
## COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS FIBRA CRUDA



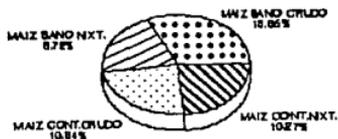
## COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS GRASA CRUDA



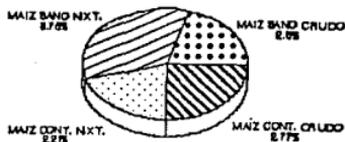
# DISMINUCION EN EL NIVEL DE AFLATOXINAS



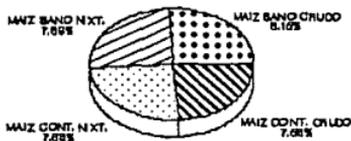
**COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS  
HUMEDAD**



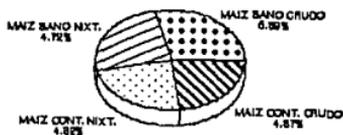
**COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS  
GENIZAS**



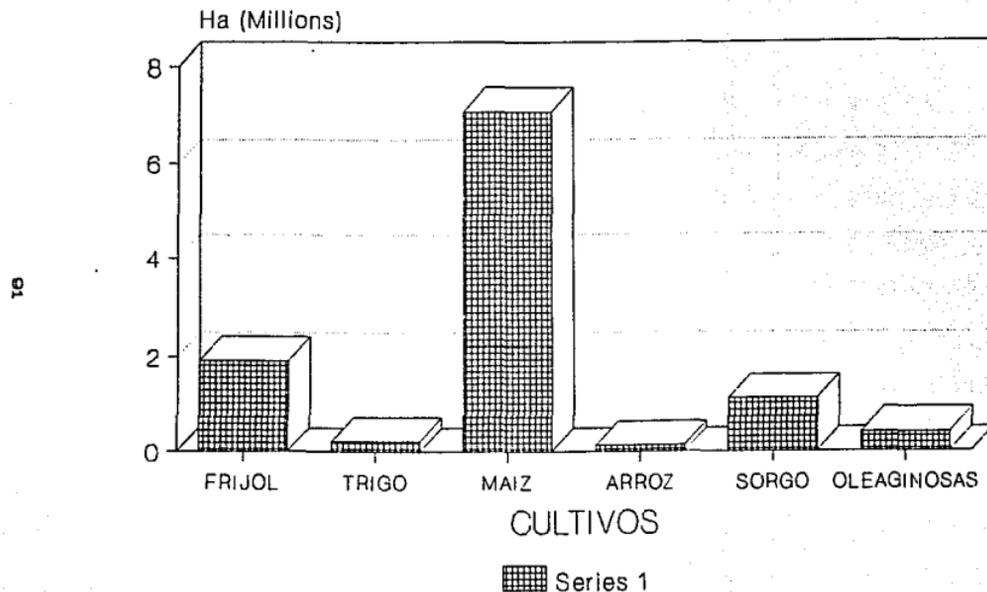
**COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS  
PROTEINAS**



**COMPARACION ENTRE HARINAS ESTUDIADAS  
GRASA CRUDA**



## AREA DE CULTIVO DE MAIZ EN 1990-91 (RELACION CON OTROS CULTIVOS)



## ANEXO I

CALCULOS:

$$\text{Factor de corrección} = \left( \sum \frac{F_x}{n} \right)^2$$

$$F_c = \left( \frac{40.9568 + 26.1852}{6} \right)^2 = 751.34$$

$$\text{Suma de cuadrados}_{\text{tipo maiz}} = \frac{(\sum F_{x_A}^2) + (\sum F_{x_B}^2)}{\# \text{ de repeticiones}} - F_c$$

$$SC = \frac{(40.9568)^2 + (26.1852)^2}{3} - 751.34 = 36.3680$$

$$\text{Suma de cuadrados de repeticiones} = \frac{(\sum F_{x1})^2 + (\sum F_{x2})^2 + (\sum F_{x3})^2}{\# \text{ de tipos de maiz}} - F_c$$

$$SC = \frac{(22.4247)^2 + (22.3951)^2 + (22.3212)^2}{2} - 751.34 = 0$$

$$\text{Suma de cuadrados totales} = \frac{(\sum x^2 \cdot n \text{ rep})}{1} - F_c$$

$$SC \text{ total} = (13.6874)^2 \cdot n_1 + (13.6489)^2 \cdot n_1 + (13.6211)^2 \cdot n_1 + (8.7379)^2 \cdot n_1 + \\ + (8.7478)^2 \cdot n_1 + (8.7001) \cdot n_1^2 - 751.34 = 36.5477$$

$$\text{Suma de cuadrados media} = \frac{\text{Suma de cuadrados}}{\text{grados de libertad}}$$

$$\text{SCM tipo maiz} = 36.3680 / 1 = 36.3680$$

$$\text{SCM repeticiones} = 0 / 2 = 0$$

$$\text{SCM error} = 0.1797 / 2 = 0.0898$$

$$F \text{ calculada} = \frac{\text{Suma de cuadrados media}}{\text{Suma de cuadrados media del error}}$$

$$F \text{ calc tipo maiz} = 36.3680 / 0.0898 = 404.9800$$

$$F \text{ calc repeticiones} = 0 / 0.0898 = 0$$

De la tabla # 1 ( ver ANEXO II ), la F teórica resultante es :

Para tipo maiz ( A y B ) = 18.51 para 95% de confiabilidad  
98.49 para 99% de confiabilidad

Para repeticiones ( 1, 2 y 3 ) = 99.00 para 95% de confiabilidad  
19.00 para 99% de confiabilidad

	G.L	S.C.	S.C.M.	F calc.	F teo	Conf.
Tipo maiz	1	36.3680	36.3680	404.90	18.51 98.49	95% 99%
Repeticiones	2	0.00	0.00	0.00	19.00 99.00	95% 99%
Error	2	0.1797	0.0898			
Total	5	36.5477				

NOTA: Las abreviaturas utilizadas son :

G.L. = Grados de libertad  
S.C = Suma de cuadrados  
S.C.M= Suma de cuadrados media  
F calc. = Factor calculado  
F teo. = Factor teórico

ANEXO II

T A B L A # 1

PARA 5 PORCIENTO Y 1 PORCIENTO DE CONFIABILIDAD

n		GRADOS DE LIBERTAD																														n																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	1	1.61	1.70	1.78	1.85	1.91	1.96	2.01	2.05	2.09	2.13	2.17	2.21	2.25	2.29	2.33	2.37	2.41	2.45	2.49	2.53	2.57	2.61	2.65	2.69	2.73	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	3.05	3.09	3.13	3.17	3.21	3.25	3.29	3.33	3.37	3.41	3.45	3.49	3.53	3.57	3.61	3.65	3.69	3.73	3.77	3.81	3.85	3.89	3.93	3.97	4.01	4.05	4.09	4.13	4.17	4.21	4.25	4.29	4.33	4.37	4.41	4.45	4.49	4.53	4.57	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.89	4.93	4.97	5.01	5.05	5.09	5.13	5.17	5.21	5.25	5.29	5.33	5.37	5.41	5.45	5.49	5.53	5.57	5.61	5.65	5.69	5.73	5.77	5.81	5.85	5.89	5.93	5.97	6.01	6.05	6.09	6.13	6.17	6.21	6.25	6.29	6.33	6.37	6.41	6.45	6.49	6.53	6.57	6.61	6.65	6.69	6.73	6.77	6.81	6.85	6.89	6.93	6.97	7.01	7.05	7.09	7.13	7.17	7.21	7.25	7.29	7.33	7.37	7.41	7.45	7.49	7.53	7.57	7.61	7.65	7.69	7.73	7.77	7.81	7.85	7.89	7.93	7.97	8.01	8.05	8.09	8.13	8.17	8.21	8.25	8.29	8.33	8.37	8.41	8.45	8.49	8.53	8.57	8.61	8.65	8.69	8.73	8.77	8.81	8.85	8.89	8.93	8.97	9.01	9.05	9.09	9.13	9.17	9.21	9.25	9.29	9.33	9.37	9.41	9.45	9.49	9.53	9.57	9.61	9.65	9.69	9.73	9.77	9.81	9.85	9.89	9.93	9.97	10.01	10.05	10.09	10.13	10.17	10.21	10.25	10.29	10.33	10.37	10.41	10.45	10.49	10.53	10.57	10.61	10.65	10.69	10.73	10.77	10.81	10.85	10.89	10.93	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17	11.21	11.25	11.29	11.33	11.37	11.41	11.45	11.49	11.53	11.57	11.61	11.65	11.69	11.73	11.77	11.81	11.85	11.89	11.93	11.97	12.01	12.05	12.09	12.13	12.17	12.21	12.25	12.29	12.33	12.37	12.41	12.45	12.49	12.53	12.57	12.61	12.65	12.69	12.73	12.77	12.81	12.85	12.89	12.93	12.97	13.01	13.05	13.09	13.13	13.17	13.21	13.25	13.29	13.33	13.37	13.41	13.45	13.49	13.53	13.57	13.61	13.65	13.69	13.73	13.77	13.81	13.85	13.89	13.93	13.97	14.01	14.05	14.09	14.13	14.17	14.21	14.25	14.29	14.33	14.37	14.41	14.45	14.49	14.53	14.57	14.61	14.65	14.69	14.73	14.77	14.81	14.85	14.89	14.93	14.97	15.01	15.05	15.09	15.13	15.17	15.21	15.25	15.29	15.33	15.37	15.41	15.45	15.49	15.53	15.57	15.61	15.65	15.69	15.73	15.77	15.81	15.85	15.89	15.93	15.97	16.01	16.05	16.09	16.13	16.17	16.21	16.25	16.29	16.33	16.37	16.41	16.45	16.49	16.53	16.57	16.61	16.65	16.69	16.73	16.77	16.81	16.85	16.89	16.93	16.97	17.01	17.05	17.09	17.13	17.17	17.21	17.25	17.29	17.33	17.37	17.41	17.45	17.49	17.53	17.57	17.61	17.65	17.69	17.73	17.77	17.81	17.85	17.89	17.93	17.97	18.01	18.05	18.09	18.13	18.17	18.21	18.25	18.29	18.33	18.37	18.41	18.45	18.49	18.53	18.57	18.61	18.65	18.69	18.73	18.77	18.81	18.85	18.89	18.93	18.97	19.01	19.05	19.09	19.13	19.17	19.21	19.25	19.29	19.33	19.37	19.41	19.45	19.49	19.53	19.57	19.61	19.65	19.69	19.73	19.77	19.81	19.85	19.89	19.93	19.97	20.01	20.05	20.09	20.13	20.17	20.21	20.25	20.29	20.33	20.37	20.41	20.45	20.49	20.53	20.57	20.61	20.65	20.69	20.73	20.77	20.81	20.85	20.89	20.93	20.97	21.01	21.05	21.09	21.13	21.17	21.21	21.25	21.29	21.33	21.37	21.41	21.45	21.49	21.53	21.57	21.61	21.65	21.69	21.73	21.77	21.81	21.85	21.89	21.93	21.97	22.01	22.05	22.09	22.13	22.17	22.21	22.25	22.29	22.33	22.37	22.41	22.45	22.49	22.53	22.57	22.61	22.65	22.69	22.73	22.77	22.81	22.85	22.89	22.93	22.97	23.01	23.05	23.09	23.13	23.17	23.21	23.25	23.29	23.33	23.37	23.41	23.45	23.49	23.53	23.57	23.61	23.65	23.69	23.73	23.77	23.81	23.85	23.89	23.93	23.97	24.01	24.05	24.09	24.13	24.17	24.21	24.25	24.29	24.33	24.37	24.41	24.45	24.49	24.53	24.57	24.61	24.65	24.69	24.73	24.77	24.81	24.85	24.89	24.93	24.97	25.01	25.05	25.09	25.13	25.17	25.21	25.25	25.29	25.33	25.37	25.41	25.45	25.49	25.53	25.57	25.61	25.65	25.69	25.73	25.77	25.81	25.85	25.89	25.93	25.97	26.01	26.05	26.09	26.13	26.17	26.21	26.25	26.29	26.33	26.37	26.41	26.45	26.49	26.53	26.57	26.61	26.65	26.69	26.73	26.77	26.81	26.85	26.89	26.93	26.97	27.01	27.05	27.09	27.13	27.17	27.21	27.25	27.29	27.33	27.37	27.41	27.45	27.49	27.53	27.57	27.61	27.65	27.69	27.73	27.77	27.81	27.85	27.89	27.93	27.97	28.01	28.05	28.09	28.13	28.17	28.21	28.25	28.29	28.33	28.37	28.41	28.45	28.49	28.53	28.57	28.61	28.65	28.69	28.73	28.77	28.81	28.85	28.89	28.93	28.97	29.01	29.05	29.09	29.13	29.17	29.21	29.25	29.29	29.33	29.37	29.41	29.45	29.49	29.53	29.57	29.61	29.65	29.69	29.73	29.77	29.81	29.85	29.89	29.93	29.97	30.01	30.05	30.09	30.13	30.17	30.21	30.25	30.29	30.33	30.37	30.41	30.45	30.49	30.53	30.57	30.61	30.65	30.69	30.73	30.77	30.81	30.85	30.89	30.93	30.97	31.01	31.05	31.09	31.13	31.17	31.21	31.25	31.29	31.33	31.37	31.41	31.45	31.49	31.53	31.57	31.61	31.65	31.69	31.73	31.77	31.81	31.85	31.89	31.93	31.97	32.01	32.05	32.09	32.13	32.17	32.21	32.25	32.29	32.33	32.37	32.41	32.45	32.49	32.53	32.57	32.61	32.65	32.69	32.73	32.77	32.81	32.85	32.89	32.93	32.97	33.01	33.05	33.09	33.13	33.17	33.21	33.25	33.29	33.33	33.37	33.41	33.45	33.49	33.53	33.57	33.61	33.65	33.69	33.73	33.77	33.81	33.85	33.89	33.93	33.97	34.01	34.05	34.09	34.13	34.17	34.21	34.25	34.29	34.33	34.37	34.41	34.45	34.49	34.53	34.57	34.61	34.65	34.69	34.73	34.77	34.81	34.85	34.89	34.93	34.97	35.01	35.05	35.09	35.13	35.17	35.21	35.25	35.29	35.33	35.37	35.41	35.45	35.49	35.53	35.57	35.61	35.65	35.69	35.73	35.77	35.81	35.85	35.89	35.93	35.97	36.01	36.05	36.09	36.13	36.17	36.21	36.25	36.29	36.33	36.37	36.41	36.45	36.49	36.53	36.57	36.61	36.65	36.69	36.73	36.77	36.81	36.85	36.89	36.93	36.97	37.01	37.05	37.09	37.13	37.17	37.21	37.25	37.29	37.33	37.37	37.41	37.45	37.49	37.53	37.57	37.61	37.65	37.69	37.73	37.77	37.81	37.85	37.89	37.93	37.97	38.01	38.05	38.09	38.13	38.17	38.21	38.25	38.29	38.33	38.37	38.41	38.45	38.49	38.53	38.57	38.61	38.65	38.69	38.73	38.77	38.81	38.85	38.89	38.93	38.97	39.01	39.05	39.09	39.13	39.17	39.21	39.25	39.29	39.33	39.37	39.41	39.45	39.49	39.53	39.57	39.61	39.65	39.69	39.73	39.77	39.81	39.85	39.89	39.93	39.97	40.01	40.05	40.09	40.13	40.17	40.21	40.25	40.29	40.33	40.37	40.41	40.45	40.49	40.53	40.57	40.61	40.65	40.69	40.73	40.77	40.81	40.85	40.89	40.93	40.97	41.01	41.05	41.09	41.13	41.17	41.21	41.25	41.29	41.33	41.37	41.41	41.45	41.49	41.53	41.57	41.61	41.65	41.69	41.73	41.77	41.81	41.85	41.89	41.93	41.97	42.01	42.05	42.09	42.13	42.17	42.21	42.25	42.29	42.33	42.37	42.41	42.45	42.49	42.53	42.57	42.61	42.65	42.69	42.73	42.77	42.81	42.85	42.89	42.93	42.97	43.01	43.05	43.09	43.13	43.17	43.21	43.25	43.29	43.33	43.37	43.41	43.45	43.49	43.53	43.57	43.61	43.65	43.69	43.73	43.77	43.81	43.85	43.89	43.93	43.97	44.01	44.05	44.09	44.13	44.17	44.21	44.25	44.29	44.33	44.37	44.41	44.45	44.49	44.53	44.57	44.61	44.65	44.69	44.73	44.77	44.81	44.85	44.89	44.93	44.97	45.01	45.05	45.09	45.13	45.17	45.21	45.25	45.29	45.33	45.37	45.41	45.45	45.49	45.53	45.57	45.61	45.65	45.69	45.73	45.77	45.81	45.85	45.89	45.93	45.97	46.01	46.05	46.09	46.13	46.17	46.21	46.25	46.29	46.33	46.37	46.41	46.45	46.49	46.53	46.57	46.61	46.65	46.69	46.73	46.77	46.81	46.85	46.89	46.93	46.97	47.01	47.05	47.09	47.13	47.17	47.21	47.25	47.29	47.33	47.37	47.41	47.45	47.49	47.53	47.57	47.61	47.65	47.69	47.73	47.77	47.81	47.85	47.89	47.93	47.97	48.01	48.05	48.09	48.13	48.17	48.21	48.25	48.29	48.33	48.37	48.41	48.45	48.49	48.53	48.57	48.61	48.65	48.69	48.73	48.77	48.81	48.85	48.89	48.93	48.97	49.01	49.05	49.09	49.13	49.17	49.21	49.25	49.29	49.33	49.37	49.41	49.45	49.49	49.53	49.57	49.61	49.65	49.69	49.73	49.77	49.81	49.85	49.89	49.93	49.97	50.01	50.05	50.09	50.13	50.17	50.21	50.25	50.29	50.33	50.37	5

T A B L A # 1 Continuation

P	GRADOS DE LIBERTAD																																				P			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96		100		
27	4.21	3.55	2.96	2.43	1.97	1.54	1.14	0.77	0.43	0.13	0.20	0.28	0.36	0.43	0.50	0.57	0.63	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	1.64	1.69	1.74	
28	4.20	3.54	2.95	2.42	1.96	1.53	1.13	0.76	0.42	0.12	0.19	0.27	0.35	0.42	0.49	0.56	0.62	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73	1.78
29	4.18	3.52	2.93	2.40	1.94	1.51	1.11	0.74	0.40	0.11	0.18	0.26	0.34	0.41	0.48	0.55	0.61	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.62	1.67	1.72	1.77
30	4.17	3.51	2.92	2.39	1.93	1.50	1.10	0.73	0.39	0.10	0.17	0.25	0.33	0.40	0.47	0.54	0.60	0.66	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.71	1.76
31	4.16	3.50	2.91	2.38	1.92	1.49	1.09	0.72	0.38	0.09	0.16	0.24	0.32	0.39	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75
32	4.15	3.49	2.90	2.37	1.91	1.48	1.08	0.71	0.37	0.08	0.15	0.23	0.31	0.38	0.45	0.52	0.58	0.64	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	1.64	1.69	1.74
33	4.14	3.48	2.89	2.36	1.90	1.47	1.07	0.70	0.36	0.07	0.14	0.22	0.30	0.37	0.44	0.51	0.57	0.63	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73
34	4.13	3.47	2.88	2.35	1.89	1.46	1.06	0.69	0.35	0.06	0.13	0.21	0.29	0.36	0.43	0.50	0.56	0.62	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.62	1.67	1.72
35	4.12	3.46	2.87	2.34	1.88	1.45	1.05	0.68	0.34	0.05	0.12	0.20	0.28	0.35	0.42	0.49	0.55	0.61	0.66	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.71
36	4.11	3.45	2.86	2.33	1.87	1.44	1.04	0.67	0.33	0.04	0.11	0.19	0.27	0.34	0.41	0.48	0.54	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70
37	4.10	3.44	2.85	2.32	1.86	1.43	1.03	0.66	0.32	0.03	0.10	0.18	0.26	0.33	0.40	0.47	0.53	0.59	0.64	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	1.64	1.69
38	4.09	3.43	2.84	2.31	1.85	1.42	1.02	0.65	0.31	0.02	0.09	0.17	0.25	0.32	0.39	0.46	0.52	0.58	0.63	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	
39	4.08	3.42	2.83	2.30	1.84	1.41	1.01	0.64	0.30	0.01	0.08	0.16	0.24	0.31	0.38	0.45	0.51	0.57	0.62	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.62	
40	4.07	3.41	2.82	2.29	1.83	1.40	1.00	0.63	0.29	0.00	0.07	0.15	0.23	0.30	0.37	0.44	0.50	0.56	0.61	0.66	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	
41	4.06	3.40	2.81	2.28	1.82	1.39	0.99	0.62	0.28	-0.01	0.06	0.14	0.22	0.29	0.36	0.43	0.49	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	
42	4.05	3.39	2.80	2.27	1.81	1.38	0.98	0.61	0.27	-0.02	0.05	0.13	0.21	0.28	0.35	0.42	0.48	0.54	0.59	0.64	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	
43	4.04	3.38	2.79	2.26	1.80	1.37	0.97	0.60	0.26	-0.03	0.04	0.12	0.20	0.27	0.34	0.41	0.47	0.53	0.58	0.63	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	
44	4.03	3.37	2.78	2.25	1.79	1.36	0.96	0.59	0.25	-0.04	0.03	0.11	0.19	0.26	0.33	0.40	0.46	0.52	0.57	0.62	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	
45	4.02	3.36	2.77	2.24	1.78	1.35	0.95	0.58	0.24	-0.05	0.02	0.10	0.18	0.25	0.32	0.39	0.45	0.51	0.56	0.61	0.66	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	
46	4.01	3.35	2.76	2.23	1.77	1.34	0.94	0.57	0.23	-0.06	0.01	0.09	0.17	0.24	0.31	0.38	0.44	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	
47	4.00	3.34	2.75	2.22	1.76	1.33	0.93	0.56	0.22	-0.07	0.00	0.08	0.16	0.23	0.30	0.37	0.43	0.49	0.54	0.59	0.64	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	
48	3.99	3.33	2.74	2.21	1.75	1.32	0.92	0.55	0.21	-0.08	-0.01	0.07	0.15	0.22	0.29	0.36	0.42	0.48	0.53	0.58	0.63	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	

T A B L A # 1 Continuation

P	GRADOS DE LIBERTAD																																				P		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100			
50	4.03	3.38	2.78	2.25	1.75	1.31	0.92	0.57	0.20	0.13	0.20	0.28	0.36	0.43	0.50	0.57	0.63	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	1.64	1.69	1.74
51	4.02	3.37	2.78	2.24	1.74	1.30	0.91	0.56	0.19	0.12	0.19	0.27	0.35	0.42	0.49	0.56	0.62	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73
52	4.00	3.35	2.75	2.23	1.73	1.29	0.90	0.55	0.18	0.11	0.18	0.26	0.34	0.41	0.48	0.55	0.61	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.62	1.67	1.72
53	3.99	3.34	2.74	2.21	1.72	1.28	0.89	0.54	0.17	0.10	0.17	0.25	0.33	0.40	0.47	0.54	0.60	0.66	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.71
54	3.98	3.33	2.73	2.20	1.71	1.27	0.88	0.53	0.16	0.09	0.16	0.24	0.32	0.39	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70
55	3.97	3.32	2.72	2.19	1.70	1.26	0.87	0.52	0.15	0.08	0.15	0.23	0.31	0.38	0.45	0.52	0.58	0.64	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.49	1.54	1.59	1.64	1.69
56	3.96	3.31	2.71	2.18	1.69	1.25	0.86	0.51	0.14	0.07	0.14	0.22	0.30	0.37	0.44	0.51	0.57	0.63	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68
57	3.95	3.30	2.70	2.17	1.68	1.24	0.85	0.50	0.13	0.06	0.13	0.21	0.29	0.36	0.43	0.50	0.56	0.62	0.67	0.72	0.77	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57	1.62	1.67
58	3.94	3.29	2.69	2.16	1.67	1.23	0.84	0.49	0.12	0.05	0.12	0.20	0.28	0.35	0.42	0.49	0.55	0.61	0.66	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66
59	3.93	3.28	2.68	2.15	1.66	1.22	0.83	0.48	0.11	0.04	0.11	0.19	0.27	0.34	0.41	0.48	0.54	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05</												

### ANEXO III

NOTA: Todos los valores reportados entre paréntesis para el cuadro de resultados presentado ( pag. 40 ) representan la desviación estándar (S), los cuales fueron obtenidos de la siguiente manera:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (\bar{x}_i - \bar{x})^2 f_i = \text{varianza}$$

$$S = \sqrt{S^2} = \text{desviación estándar}$$

$$\rho(\bar{x} - Z \sigma) < \mu < \bar{x} + Z \sigma) = 99\%$$

## BIBLIOGRAFIA

1. - Abdollahi and Buchanan, Regulation of Aflatoxins Biosynthesis, Characterization of glucose as an Apparent Inducer of Aflatoxin Production. J. of food Science 46,pag. 143-146, (1981).
- 2.- Acheson R.M., Química Heterocíclica. Publicaciones Cultural S.A., pag. 129-132 (1985).
- 3.- Alexander M, Introducción a la Microbiología del suelo, E.G.T. Editor, pag.163-177 (1980).
- 4.- Anderson L. et. al., Nutrición y Dieta, Nueva Editorial Interamericana, pag.153-156 (1990).
- 5.- Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos, tomo II, 1989.
- 6.- Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis (A.O.A.C.), (1980).
- 7.- Avishay-Abraham Stark, Mutagenicity and carcinogenicity of mycotoxins, Ann Rev. Microbiol, pag.235-258, (1980).
- 8.- Arriola M.C. et.al., Aflatoxins during alkaline cooking of corn for tortilla preparation, J. Agric. Food Chem., vol.36, pag.530-533 (1988).
- 9.- Badui S., Química de los Alimentos, Ed. Alhambra, pag.80-84 (1989).

10. - Beuchat R.L., Food and Beverage Mycology, AVI. Pub. pag.517-561 (1987).
11. - Bressani, Braham y Behar, Mejoramiento nutricional del maiz, INCAP, Guatemala, (1972).
12. - Brock D.T., Biology of microorganisms, Prentice Hall Ed., pag.243-244 (1991).
13. - Ciehler R., Appl. Microbiol, Vol.7, pag. 755, (1988).
14. - Defigueiredo P.M. y Spittstoesser F.D., Food Microbiology :Public Health and spoilage aspects, AV. Pub. Co., pag.210,256 (1980).
15. - Durán de Bazúa M.C., Una nueva tecnología para la extrusión alcalina de maiz y sorgo, Eon Editores, (1988).
16. - FAO, Recommended practices for the prevention of mycotoxins in food, feed and their products, vol.10, pag. 33-41, vol. 13, pag.127-132, (1979).
17. -Hansel L.W., Tshi C.Y., Nelson D.C., The Effect of the Fluory 2 Gene on the Distribution of Protein Fractions and Methionine in Maize Endosperm. Cereal Chem.50, pag. 383-394, (1979).
18. - Hodgson E. and Guthrie F., Introduction to Biochemical Toxicology, pag.152,157,314,316,320. American Press,(1980).
19. - Jones B.D., Métodos de análisis del contenido de aflatoxinas. Tropical Products Institute, (1982).
20. - Lehninger L.A., Bioquímica, Ediciones Omega, segunda edición, pag.161-184, (1985).
21. - Liener E.L. Toxic constituents of plant foodstuffs, second edition, Academic Press, pag. 341, (1980).

- 22.- Nielsen C.H., Paulins W.J., Wall S.J., Extraction and Structure Studies on Corn Glutelin Proteins, Cereal Chem.,57, pag. 501-512, (1980).
- 23.- Organización Panamericana de la Salud, Criterios de salud ambiental II (Micotoxinas), publ. No. 453, (1983).
- 24.- Paulins W.J., Albumins and Globulins in extract of Corn Grain Parts, Cereal Chem.58, Pag. 263-273, (1981).
- 25.- Peña Betancourt S.D, Durán de Bazúa M.C., Efecto tóxico de las aflatoxinas en la dieta, Ciencia y desarrollo, vol.XVI, num. 94, pag. 61-68, (1990).
- 26.- Pieter S. Stern, The Biosynthesis of Micotoxins, Academic Press, New York, pag. 159-179, (1980).
- 27.- Shotwell, Aflatoxin in Corn, J. Am Oil Chem. Soc., vol.54, pag. 216-224, (1977).
- 28.- Stenberg M., Kinc and Plankett R.A., Lysinoalamine determination in proteins, J. of Food Science, vol.58, pag. 1168-1170, (1978).
- 29.- Valle Vega P., Toxicología de Alimentos, Organización Panamericana de la Salud, Documento provisional del ECO., pag. 13-15, (1985).
- 30.- Watson A. Stanley and Ramstad E.P., Corn chemistry and technology, American Association of Cereal Chemists Inc, pag.165-167 (1987).
- 31.- Williams L.P. and Burson L.J., Industrial Toxicology, Van Nostrand Reinhold, pag.78-105 (1985).
- 32.- Woolstone J.E., The aflatoxins in human health, FAO, vol.17, pag.165-172 (1988).