

Análisis de factores de riesgo asociados con la presencia de fumonisinas (*Fusarium verticillioides*) en la cadena agroalimentaria del maíz en Guatemala.

Proyecto cofinanciado por Red SICTA

Artículo elaborado con base en informes técnicos de Mario Roberto Fuentes¹ y Olga Torres², coordinadores del proyecto.

I. Antecedentes

Las fumonisinas son una familia de micotoxinas tóxicas y carcinogénicas producidas por *Fusarium verticillioides*, un hongo contaminante muy común en el maíz que invade a la planta en diferentes fases fenológicas, coloniza sus tejidos en forma endofítica o exofítica. La contaminación puede ser vertical a través de semilla previamente infectada u horizontal a través del suelo o de insectos (vectores) que transportan las esporas. La infección es básicamente no patológica o asintomática y sin producción de micotoxinas; por lo tanto se podría considerar como una infección latente.

La producción de fumonisinas se presenta al tener una avanzada interacción planta-hongo, en tejido dañado o muerto. Las condiciones climáticas, cultivo, cosecha y almacenaje puedan favorecer a la producción de fumonisinas. Aparentemente, las condiciones de estrés, cambios bruscos de temperatura, exceso de humedad y daño por insectos favorecen la síntesis de micotoxinas (fumonisina B1, B2 y B3), y una relación apropiada entre el hongo y el grano.



Fotografía publicada por : www.inta.gov.ar

¹ M.Sc. Mario Roberto Fuentes, guatemalteco, fitomejorador con amplia experiencia en maíz, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de Guatemala.

² M. Sc. Olga Torres, guatemalteca, microbióloga con amplia experiencia en fumonisinas, labora para la institución Diagnóstico Molecular.

Se ha reportado diferentes efectos de la fumonisina en la salud de humanos y animales. En los humanos, se documentó la posible asociación con cáncer del esófago (Fumonisin B1), dolor abdominal, borborismos y diarrea. También pueden causar defectos del tubo neural (espinas bifidas). Los defectos del tubo neural (DTNs) son malformaciones congénitas comunes que ocurren cuando el tubo neural embrionario, que finalmente forma el cerebro y la médula espinal, falla y no se cierra durante las primeras semanas de desarrollo embrionario.

Existe una alta incidencia de defectos del tubo neural en ciertas regiones del mundo donde el consumo de fumonisinas se ha documentado: Sudáfrica, China y Guatemala, por ejemplo. Además, en un estudio de casos de defecto del tubo neural en condados fronterizos de Texas se encontró una asociación significativa entre los NTDs y el consumo de tortillas, así como el incremento en un biomarcador para exposición a fumonisinas.

Riley et al (2004), estimaron que el consumo de fumonisinas en los habitantes guatemaltecos alcanza niveles de hasta 72 ppm/kg de peso, debido a la alta ingesta de maíz per cápita. En este país, personas que cultivan su propio maíz consumen 60 a 70% de sus calorías diarias del maíz, aproximadamente 322 g/día para mujeres adultas. Asumiendo que la mayoría es en la forma de tortillas (en las que se reducen las fumonisinas totales en un 40% por la nixtamalización (Riley et al, 2003; Riley et al, 2004); esto significa que hasta el 16% de la población femenina está recibiendo una dosis de fumonisinas mayor de 580 µg fumonisinas/día u 11 µg /kg peso corporal/día y tanto como el 6% de la población podría estar expuesta a diario a más de 35 µg /kg peso corporal (Meredith et al., 1999). La ingesta tolerable diaria (TDI) para fumonisinas totales recomendada por la Joint WHO/FAO Committee on Food Additives es de 2 µg /kg peso corporal/día (WHO, 2002). En 2005, (Torres Olga, et al) publicaron los resultados de un estudio en el cual en 236 muestras de maíz de la cosecha de 2004, colectadas en 20 mercados de Guatemala, se encontró que el maíz cosechado en tierras bajas estaba altamente contaminado con fumonisina, el cual a su vez era trasladado por comerciantes hacia mercados de las zonas altas del país.

II. Objetivo del proyecto

El proyecto tuvo como objetivo identificar los factores (suelos, rastrojo, insectos plaga, clima) que inciden en la aparición del hongo *Fusarium verticillioides* en el cultivo del maíz y caracterizar la presencia de esta toxina en granos cosechados, almacenados y en productos alimenticios derivados del maíz, así como en mujeres en edad fértil.

La información que se derivó de este proyecto posibilitará el disponer y desarrollar información estratégica para una mayor disseminación de conocimiento así como la implementación de planes de acción, la transferencia y validación de tecnologías para minimizar los riesgos que causa esta toxina y crear capacidades en los diferentes niveles técnicos para el manejo y entendimiento de la problemática. La información derivada de esta iniciativa es factible de validar e implementar en áreas maiceras de la región centroamericana que presenten similitud con las condiciones maiceras del trópico de Guatemala.

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar el período crítico y los factores que inciden en la contaminación del grano de maíz por fumonisinas durante el ciclo de cultivo, postcosecha y almacenamiento.
- Determinar y cuantificar la presencia de fumonisinas en tortilla de maíz.
- Determinar y cuantificar la presencia de fumonisinas en maíz importado para abastecer industria de concentrados.
- Determinar la presencia y cuantificación de fumonisinas en muestras de cabello en mujeres de la edad fértil que habitan las zonas de estudio.

III. Ejecutores del proyecto, presupuesto y zonas de estudio

La alianza que ejecutó el proyecto estuvo compuesta por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (ICTA), la Comisión Nacional de Granos Básicos (CONAGRAB), la organización gremial de la industria avícola (ANAVI), la institución privada guatemalteca Diagnóstico Molecular y el Agricultural Research Service (ARS) del United States Department of Agriculture (USDA) en Athens, Georgia.

La coordinadora nacional de granos básicos en Guatemala (CONAGRAB) es una organización privada que agrupa a 6,000 agricultores dedicados al cultivo del maíz blanco y amarillo para el abastecimiento nacional. La ANAVI, es una organización privada que coordina y apoya el desarrollo de la industria avícola nacional. Aglutina a 100 socios y produce unas 159 millones de kg de carne de aves para el mercado nacional. Este sector demanda 525,000 t de maíz amarillo, el cual tradicionalmente se suple con maíz importado, pero debido a la variación en el precio internacional y el incremento de los costos de transportación hacia puerto guatemalteco, las áreas de producción y el requerimiento de maíz amarillo nacional se ha incrementado.

El presupuesto del proyecto estuvo compuesto por un aporte de US\$60,000 de Red SICTA y US\$91,160 aportados por los aliados, para un total de US\$151,160.

Las zonas de estudio se ubicaron en tres localidades ubicadas en la zona del Trópico Bajo de Guatemala, entre 0-1400 msn, que disponen de ambientes contrastantes en relación a temperatura ambiental, distribución de la precipitación, humedad relativa, entre otros. Dichas zonas fueron:

- Zona Norte: Petén, caracterizada por su alta precipitación.
- Zona Oriental: Jalapa, Chiquimula y Jutiapa, caracterizadas por presencia de períodos secos marcados.
- Zona Costa Sur: Suchitepéquez, Retalhuleu, zona con precipitación intermedia.

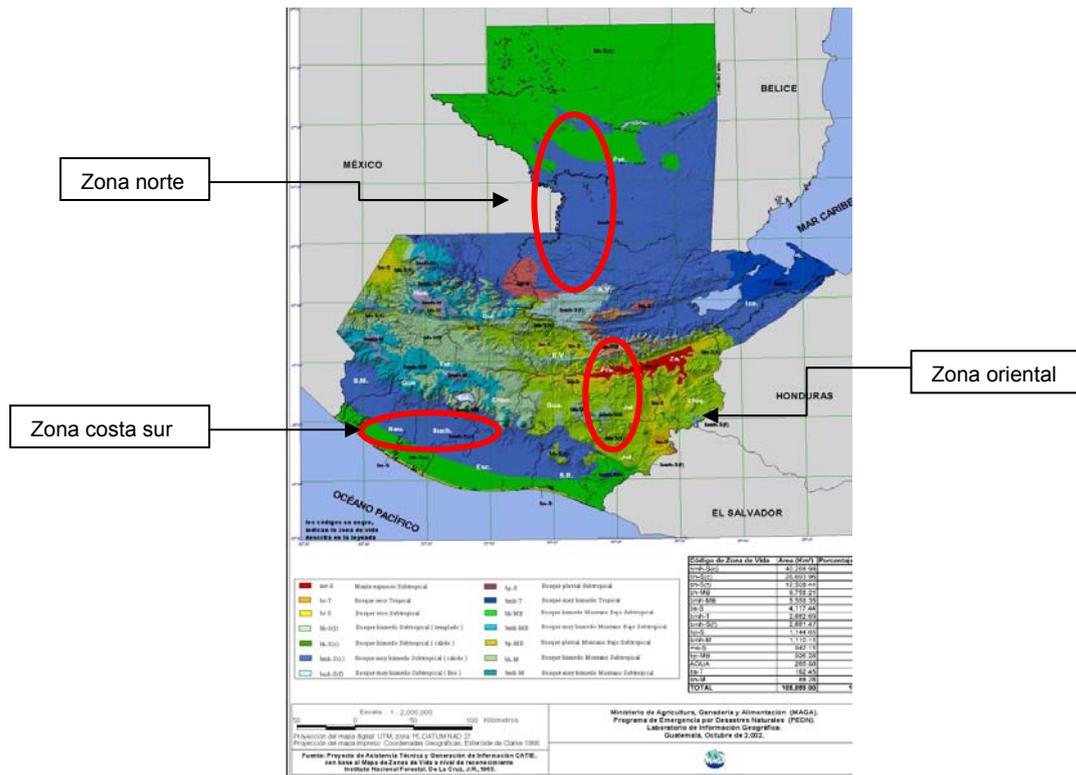


Figura 1. Zonas de intervención del proyecto.

IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El proyecto estableció un sistema de vigilancia mediante 21 parcelas centinela en fincas de localidades de las zonas de estudio, con el fin de hacer una descripción cronológica de las prácticas de cultivo, cosecha y post cosecha características climáticas y la dinámica poblacional de plagas que podrían favorecer el crecimiento de *F. verticillioides* y la producción de fumonisinas. En estas parcelas centinela, se realizaron muestreos sistemáticos y análisis de laboratorio a suelo y rastrojos, semilla y grano de maíz cosechado. Se establecieron en parcelas de agricultores colaboradores distribuidas en los diferentes municipios que corresponden a las tres zonas maiceras en estudio, para dar el seguimiento en las distintas fases de la presiembra, siembra, cosecha y post cosecha de maíz. Trece de las parcelas eran de monocultivo de maíz y ocho de asocio con otros cultivos.

Un segundo ámbito de estudio, mediante muestreos y análisis de laboratorio, fue el maíz almacenado, encontrado en mercados y el maíz procesado por la industria avícola y por la industria artesanal de tortilla.

Finalmente, se completó el ciclo mediante análisis de orina a una muestras de mujeres en edad fértil como un indicador de la absorción de esta micotoxina y del daño potencial a la salud.

VARIABLES EVALUADAS

Cuadro 1. Variables evaluadas y metodología empleada.

Variable	Metodología
Presencia de <i>Fusarium verticillioides</i>	
Plagas de maíz en el cultivo y almacenamiento	En las diferentes parcelas centinela se llevó a cabo un estudio de la dinámica poblacional de estos insectos en función del estado fenológico de la planta para conocer la evolución de su crecimiento poblacional y la relación con la presencia de fumonisinas. Se hicieron muestreos de insectos del suelo, insectos en la fase de crecimiento vegetativo e insectos en la mazorca y se evaluó la presencia del hongo en ellos.
Suelos y rastrojo	<p>Suelo: En cada parcela centinela se tomaron cuatro muestras de suelo. La primera al momento de preparación del suelo para tipificar los suelos en términos de sus características bioquímicas. La segunda, la tercera y la cuarta muestra fueron tomadas a la siembra, floración y cosecha respectivamente. La metodología incluyó realizar el cultivo del hongo a nivel de laboratorio, mediante incubación a 22-25 grados centígrados durante uno a tres días. Las muestras estuvieron compuestas por 8-10 sub-muestras. El peso de cada muestra fue de 25 g.</p> <p>Rastrojo: En cada parcela centinela se tomaron 20 muestras de rastrojo de 1 cm² cada uno, proveniente de la cosecha anterior. Las muestras fueron incubadas a 22-25°C durante 1 a 2 días, hasta que se viera el micelio creciendo en las secciones inoculadas.</p>
Semilla	Al momento de la siembra se tomaron muestras de las semillas a utilizar con el propósito de analizar la posibilidad de contaminación vertical. Las semillas fueron tipificadas en términos de color, humedad y clasificación visual de integridad y calidad del grano. Porciones de una libra fueron depositadas en bolsas de papel y tratadas con insecticidas para evitar infestación con insectos. Las muestras fueron etiquetadas y llevadas al INCAP donde fueron molidas y almacenadas en bolsas plásticas apropiadamente etiquetadas y congeladas a -20°C, hasta proceder a la determinación de presencia de fumonisinas.
Granos a la cosecha	Consistió en la colección de muestras en campo en parcelas centinela y parcelas circunvecinas. Se incluyó dentro de la metodología el componente de muestreo estratificado para disponer de muestras representativas dentro de la parcela del agricultor colaborador.
Presencia de fumonisinas	
Grano almacenado en el mercado	En 14 mercados de las cabeceras departamentales del país (de un total de 23 departamentos), se tomaron muestras de grano almacenado de maíz proveniente de la cosecha 2007 y se enviaron para su análisis al USDA.
Tortillas	Se muestrearon tortillas elaboradas con maíz proveniente de casas de los agricultores que tuvieron parcelas centinela en las diferentes zonas de interés, así como de expendios en la capital.
Harinas	Harina de concentrados: Se tomó una muestra por granja para un total

	de cinco granjas durante dos ciclos de producción. Harina para tortilla comprada en mercados locales Incaparina ³ para alimentación humana comprada en mercados locales
Orina de mujeres	Se estimó la concentración de fumonisinas en orina en mujeres en edad fértil (mayor riesgo de defectos del tubo neural en nacimientos). Se coordinó con el coinvestigador en el USDA, Athens Georgia, un estudio que incluyó el muestreo de 50 sujetos en el altiplano, y 50 sujetos de tierras bajas, todos consumidores de 475 g o más de maíz por semana.
Otras variables	
Datos climatológicos	Se dispuso de datos climatológicos de siete meses para las tres zonas agroecológicas. El seguimiento se hizo en coordinación con el INSIVUMEH, institución nacional encargada de la información climatológica. Se evaluaron datos de temperatura, precipitación, horas luz y humedad relativa de estaciones cercanas a las zonas de estudio.

Determinación del número de muestras

La determinación del espacio muestral se realizó con base en proporciones descrito por EPI INFO 2000, Versión 2002, Centro de Control de Enfermedades (CDC), Atlanta, Georgia, USA. Esta metodología utiliza la información generada en estudios preliminares en Guatemala para la determinación y cuantificación de Fumonisin (Riley et al, 2005).

La población base se considera en función del número total de fincas ubicadas en los departamentos de estudio, 122,146 según reporte del INE (2004). Se utilizó el nivel de confiabilidad del 95%. Para el cálculo del espacio muestral, se utilizó la prevalencia más baja encontrada en el estudio preliminar del 2005, que corresponde a 25% de muestras contaminadas en el departamento de Retalhuleu. Se consideró una diferencia del 10% en el número de muestras positivas como diferencia estadísticamente significativa. En base a esta información y aplicando la fórmula de muestreo descrito por Kish & Leslie (1965), se determinó que el espacio muestral corresponde a 288 muestras de maíz.

$$\text{Tamaño de muestra} = n / (1 - (n / \text{población}))$$

$$n = Z^2 \cdot P(1-P) / (D^2)$$

En base al espacio muestral, se procedió a la distribución proporcional de muestras a realizar en diferentes fases del estudio en los departamentos incluidos. En total se analizaron 587 muestras distribuidas según el Cuadro 2.

³ Suplemento proteínico y vitamínico desarrollado por el [Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá \(INCAP\)](#). Se compone básicamente de harina de maíz y de soya, carbonato de calcio, hierro, vitaminas A y B.

Cuadro 2. Número de muestras analizadas.

Variable	Número de muestras
Suelos	24
Rastrojos	21
Semilla	11
Granos a la cosecha	174
Grano almacenado en el mercado	214
Tortillas	11
Harinas	32
Orina de mujeres	100
Total	587

Metodología de análisis de laboratorio

Aislamiento del hongo

Los granos de maíz recolectados se esterilizaron en la superficie por inmersión y agitación, con cloro comercial al 100%, por tres minutos, seguido de una lavada con agua estéril por un minuto. Para cada muestra, un total de 20 granos esterilizados se colocaron en medio BOA (Glenn et al 2001, Glenn et al 2002) en cajas de Petri de 100 mm de diámetro. Después de incubar durante una semana a 25°C en la oscuridad, cada plato se evaluó para determinar el número de granos infectados con especies de *Fusarium*. Para cada grano infectado, una transferencia individual del hongo predominante se realizó hacia medio BOA fresco y nuevamente incubado como se describió. Aislamientos de una sola espora se realizaron de cada subcultivo para obtener un aislado individual, puro y representativo de cada grano. Una suspensión conidial de cada hongo se congeló en glicerol al 15% a -80°C para almacenamiento prolongado. Los hongos ya purificados se cultivaron rutinariamente en agar papa dextrosa a 25°C en la oscuridad (PDA; Difco, Detroit, MI).

Identificación

El *Fusarium* aislado fue identificado por una combinación de observaciones morfológicas y análisis de secuencia de DNA. PCR y secuenciado del extremo 5' del factor de elongación de traslación (EF) gen 1 α se realizó como se describió en O'Donnell et al. 1998a, O'Donnell et al. 1998b). Las secuencias se compararon a sets de datos por Kerry O'Donnell (USDA, ARS, NCAUR, Peoria, IL, USA).

Evaluación de la producción de fumonisinas

Cepas seleccionadas fueron inoculadas en PDA del stock de glicero y cultivadas durante una semana para obtener crecimiento. Suspensiones conidiales se obtuvieron inundando cada caja de agar con 10 mL de agua estéril. Maíz quebrado esterilizado dos veces (5 g hidratado con 45% de agua (v/w) en un vial de cintilación de 20 mL) fue inoculado con 250 μ L de suspensión

conidial (~2.5 x 10⁷ conidia). Dos viales de maíz fueron inoculados para cada cepa. Pasados 14 días de incubación a 25°C en la oscuridad, se agregaron 10 ml de acetonitrilo:agua (1:1) a cada vial, se agitará y dejará estar por 2-3 h. Las muestras se congelaron a -20°C hasta que estén listas para detectar la presencia de fumonisinas por HPLC-MS. Los niveles de FB1, FB2 y FB3 se determinan por cromatografía líquida seguida de espectrometría de masa (LCMSMS)

Extracción de Fumonisinas

Las muestras se extrajeron usando protocolos estándar (Riley et al., 2004) en acetonitrilo:agua (eficiencia de extracción del 60%) y luego aisladas en columnas de separación comerciales marca Sep Paks C18 (estable por > 3 semanas a temperatura ambiente) y enviadas por correo aéreo al laboratorio del USDA en Athens, Georgia para análisis por LCMS, acompañadas de un file en excel conteniendo la descripción y origen de las mismas. La recuperación a partir de los Sep Paks C18 fue del 100%.

V. Resultados de la investigación

Presencia de *Fusarium verticillioides* en rastrojo y suelo

Los muestreos de rastrojos en parcelas donde se iba a sembrar maíz, realizados en las tres zonas, mostraron que en 29% de las muestras se encontró *Fusarium verticillioides*, mientras que 71% de las muestras estaban libres del patógeno. Solo las muestras obtenidas en la Zona Oriental dieron positivo a la presencia del hongo.

Ninguna de las muestras de suelo obtenidas en las regiones de estudio, mostró presencia del hongo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Presencia del hongo *Fusarium verticillioides* en muestras de rastrojo y suelo.

Zona	Número de muestras Rastrojo/suelo	Rastrojo		Suelo	
		Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
Oriental	13/13	6	7	0	13
Norte	4/7	0	4	0	7
Costa Sur	4/4	0	4	0	4
Total	21/24	6	15	0	24

Presencia de *Fusarium verticillioides* en insectos plaga de campo y almacenamiento del maíz

Se realizaron muestreos en campos de cultivo de maíz para determinar si insectos plaga de este cultivo eran portadores de esporas o algún otro propágulo de *Fusarium verticillioides*. Los insectos plaga estudiados en las diferentes zonas geográficas fueron: *Phyllofaga* sp. (Gallina ciega), *Spodoptera frugiperda* (Cogollero), *Diatraea* sp. (Barrenador), *Helicoverpa zea* (Elotero) y gorgojos (*Sithophilus* sp.). El análisis de laboratorio no detectó en ninguno de los insectos mencionados, ni en ninguna zona de estudio, presencia del hongo.

Presencia de *Fusarium verticillioides* en semillas y granos recién cosechados

En 12 muestras obtenidas de semillas de maíz empleadas para la siembra de parcelas de estudio en las diferentes zonas, se encontró que en 75% de ellas se detectó la micotoxina. El promedio de concentración de fumonisinas totales (suma de las fumonisinas FB1,FB2 y FB3) fue de 0.179 ppm, con valores máximos de 0.788 ppm, cifras inferiores al nivel máximo de fumonisinas permitido en términos de inocuidad (2 ppm). La presencia de fumonisinas en la semilla es un indicador de que el hongo podría transmitirse por semilla. Sin embargo, este estudio no pudo determinarlo.

En cuanto a la presencia de fumonisinas en granos recién cosechados en las diferentes zonas de estudio, se determinó que 100% de las muestras recolectadas en las Zonas Norte y Sur-Occidente presentaron la micotoxina, mientras que en la zona oriental 86% de las muestras dieron positivo para fumonisinas. El contenido promedio de fumonisinas totales fue mayor en la Zona Norte, aunque estuvo por debajo del nivel máximo permitido (2 ppm) (Cuadro 4). Sin embargo, en la Zona Norte 23 % de las muestras tuvieron contenidos mayores a 2 ppm y en la Zona Oriental y Sur-Occidental 4 y 0 %, respectivamente, presentaron concentraciones mayores al nivel crítico.



Mazorca con síntomas de podredumbre ocasionados por el hongo *Fusarium verticillioides*. Fuente INTA-Pergamino, Argentina (2007).

Cuadro 4. Presencia de fumonisinas en granos recién cosechados en las distintas zonas de estudio.

Zona	Número de muestras	Promedio de concentración del fumonisinas totales (ppm)	Positivas a fumonisinas (%)	Negativas a fumonisinas (%)
Norte	22	1.68	100	0
Oriente	139	0.45	86	14
Sur-Occidente	26	0.08	100	0

Presencia de fumonisinas en grano almacenado

El muestreo para determinar presencia de fumonisinas en grano almacenado fue efectuado solamente en la región oriental. Las muestras fueron tomadas en granos almacenados por cuatro meses después de la cosecha. El valor promedio de concentración de fumonisinas totales fue de 1.731 ppm, con valores máximos de 2.178 ppm y mínimos de 1.195. Estos valores sugieren que la concentración de fumonisinas

se incrementa bajo condiciones de almacenamiento. Se verificó una tendencia de mayor concentración de micotoxinas a mayor humedad del grano almacenado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Concentración de fumonisinas totales en granos de maíz almacenados y su relación con la humedad del grano. Zona oriental de Guatemala.

Lugar	Total fumonisinas (ppm)	Humedad del grano almacenado (ppm)
Pastoria	1.195	12.9
Laguna Palo Verde	1.662	14.8
Laguna del Pito	1.889	15.3
El Duraznal	2.178	15.0

Presencia de fumonisinas en muestras de grano en el mercado

Se tomaron muestras de grano en mercados de 16 departamentos de Guatemala. La concentración promedio de fumonisinas totales fue de 2.53 ppm, con valores máximos de 32.05 ppm en Izabal y 0 ppm en Chimaltenango. La mayor presencia de la micotoxina fue observada en la Región Norte con un promedio de 5.13 ppm y el valor menor en la Región Occidental con 2.048 ppm, ambos valores por encima del nivel máximo tolerado de 2 ppm. Es de destacar que en todas las regiones se encontraron muestras con concentraciones superiores a 14 ppm, lo que evidencia el severo problema de inocuidad del maíz en Guatemala (Cuadro 6).

Cuadro 6. Concentración de fumonisinas totales en muestras de granos de maíz tomadas en mercados de diferentes departamentos de Guatemala.

Zona	Promedio de fumonisinas totales (ppm)	Valor máximo (ppm)	Valor mínimo (ppm)
Oriente	4.010	21.06	0.32
Centro	2.995	18.03	0.00
Occidente	2.048	14.89	0.00
Sur	3.143	26.97	0.08
Norte	5.13	32.05	0.60

Presencia de fumonisinas en muestras de tortillas de maíz

Se evaluaron 11 muestras de tortillas de las localidades de Jalapa, Jutiapa, Retalhuleu y Suchitepéquez. La concentración media de fumonisinas fue de 0.77 ppm, con valores máximos de 1.76 ppm y mínimos de 0.23 ppm. Aparentemente, el proceso de nixtamalización y el lavado posterior (de hasta tres veces) y no reciclado de agua propicia disminución en la concentración de fumonisinas.

Presencia de fumonisinas en muestras de la industria de derivados del maíz

Se tomaron muestras de harina compuesta para alimentación animal y de harinas utilizadas para alimentación humana, (tortillas y atol o bebidas). En las harinas compuestas para alimentos balanceados de animales se encontró una concentración media de fumonisinas totales de 0.44 ppm, con máximos de 1.2 y mínimos de 0.03 ppm. En el caso de harinas para atol y bebidas, la concentración promedio de la micotoxina fue de 1.68 ppm, con valores máximos de 8.59 ppm y mínimos de 0.49 ppm; sin embargo estos valores se deben a la presencia de un solo dato con el valor máximo de 8.59 ppm. Eliminando este dato, la concentración promedio se reduce a 0.98ppm

Presencia de fumonisinas en muestras de orina humana

Se tomaron muestras de orina de mujeres en edad fértil que consumían más de 17 tortillas de maíz por día. La fumonisina B1 fue detectada en las muestras de orina, llevando a la conclusión de que la toxina se metaboliza. Esta es la primera determinación de este tipo que se realiza en América Central.

VI. Conclusiones

- No se detectó presencia de *F. verticillioides* en muestras de suelo ni en muestras de insectos. Solo en la zona oriental se detectó la presencia del hongo en rastros.
- En granos recién cosechados la mayor proporción de las muestras no dieron positivo a la presencia de la micotoxina y aquellas en las que se detectó, presentaron valores por debajo de los niveles máximos permitidos.
- En granos almacenados en la Zona Oriental, se encontraron niveles promedio de fumonisinas cercanos al nivel máximo permitido. Se observó una tendencia a mayor presencia de la micotoxina en granos más húmedos.
- En muestreos de granos en mercados de 16 departamentos, se encontró un promedio de concentración de fumonisinas superior al máximo nivel permitido. Los granos de la Zona Norte presentaron los mayores niveles, mientras que los de la Zona Occidental tuvieron los menores.
- Los niveles de fumonisinas en muestras de harinas compuestas para tortillas y alimentos balanceados para animales presentaron valores de fumonisinas menores a 2ppm (máximo permitido).
- En las muestras de tortillas de las localidades de Jalapa, Jutiapa, Retalhuleu y Suchitepéquez la concentración media de fumonisinas fue de 0.77 ppm, con valores máximos de 1.76 ppm y mínimos de 0.23 ppm. Aparentemente, el proceso de nixtamalización y el lavado y no reciclado de agua propicia la disminución en la concentración de fumonisinas.

- La concentración de FB1 en orina es elevada en población cuya dieta es fuertemente basada en maíz y sus derivados. Esto sugiere que la micotoxina se metaboliza en el cuerpo. La metodología para extraer y detectar FB en orina fue establecida en este proyecto.

I. Bibliografía consultada

1. Arze, J., Benavides, H. y V. Umaña. 1999. Dinamismo y transformación de la agricultura centroamericana. CEN 503.
2. Barber R, Shalat S, Hendricks K, Joggerst B, Larsen R, Suarez L, Finnell R. (2000). Investigation of folate pathway gene polymorphisms and the incidence of neural tube defects in a Texas hispanic population. *Mol Genet Metab.* May;70(1):45-52.
3. Cifuentes, G. 2002. Perfil epidemiológico de las anomalías del tubo neural en Guatemala, durante el año 2000. Escuela de Medicina de la Universidad San Carlos de Guatemala.
4. Hendricks K. 1999. Fumonisin and neural tube defects in South Texas. *Epidemiology* 10 (2):198-200
5. International Agency for Research on Cancer. (2002) Fumonisin B1. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Some Traditional Medicines, Some Mycotoxins, Naphthalene and Styrene. IARC. 82 (in press).
6. Fuentes M. y Van Etten J. 2004. Maíz para Guatemala. Diagnóstico para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo. Documento Final MAGA-Mesa Seguridad Alimentaria-FAO. Guatemala. 119 p.
7. Glenn AE, Gold S., Bacon CW. 2002. Fdb1 and Fdb2, *Fusarium verticillioides* loci necessary for detoxification of preformed antimicrobials from corn. *Mol Plant-Microbe Interact* 15:91-101.
8. Glenn AE, Hinton DM, Yates IE, Bacon CW. 2001. Detoxification of corn antimicrobial compounds as the basis for isolating *Fusarium verticillioides* and some other *Fusarium* species from corn. *Appl Environ Microbiol* 67:2973-2981.
9. Marasas WF, Riley RT, Hendricks KA, Stevens VL, Sadler TW, Gelineau-van Waes J, Missmer SA, Cabrera J, Torres O, Gelderblom WC, Allegood J, Martinez C, Maddox J, Miller JD, Starr L, Sullards MC, Roman AV, Voss KA, Wang E, Merrill AH Jr. 2004. Fumonisin disrupt sphingolipid metabolism, folate transport, and neural tube development in embryo culture and in vivo: a potential risk factor for human neural tube defects among populations consuming fumonisin-contaminated maize. *J Nutr.* 2004 Apr; 134(4):711-6. Review.
10. Meredith, F. I., Torres, O. R., Saenz de Tejada, S., Merrill A. H., Jr. & Riley, R. T. (1999) Fumonisin B1 and hydrolyzed fumonisin B1 levels in nixtamalized maize (*Zea mays* L.) and tortillas from two different geographical locations in Guatemala. *J. Food Prot.* 62: 1218-1222.
11. O'Donnell K, Cigelnik E, Nirenberg HI. 1998a. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia* 90:465-493.
12. O'Donnell K, Kistler HC, Cigelnik E, Ploetz RC. 1998b. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95:2044-2049.
13. Palencia E, Torres O, Hagler W, Meredith FI, Williams LD, Riley RT. (2003). Total fumonisins are reduced in tortillas using the traditional nixtamalization method of mayan communities. *J Nutr.* 133(10):3200-3203
14. Riley, R T.; Palencia, E; Torres, O R.; Glenn, A E.; Fuentes, M. (2004). Fumonisin in maize in Guatemala and a preliminary estimate of daily intakes. *Toxicological Sciences* 78:1023.
15. Riley, R.T.; Palencia, E. ; Torres, O. ; Hagler, W. ; Meredith, F. ; Williams, L. (2003). Fate of fumonisin in maize during nixtamalization and tortilla production by Mayan communities in Guatemala. *Toxicological Sciences* 77:253.

16. Sadler, T.W., Merrill, A.H., Jr., Stevens, V.L., Sullards, M.C., Wang, E. & Wang, P. (2002) Prevention of fumonisin B1-induced neural tube defects by folic acid. *Teratology*. 66: 169-176.
17. Sewram V, Mshicileli N, Shephard GS, Marasas WF.(2003). Fumonisin mycotoxins in human hair. *Biomarkers*. 8(2):110-8.
18. Stevens, V.L. & Tang, J. (1997) Fumonisin B1-induced sphingolipid depletion inhibits vitamin uptake via the glycosylphosphatidylinositol-anchored folate receptor. *J. Biol. Chem.* 272: 18020-18025.
19. Trucksess MW, Dombrink-Kurtzman MA, Tournas VH, White KD. (2002). Occurrence of aflatoxins and fumonisins in Incaparina from Guatemala. *Food Addit Contam.* 19(7):671-5
20. Voss, K.A., Howard, P.C., Riley, R.T., Sharma, R.P., Bucci, T.J. & Lorentzen, R.J. (2002) Carcinogenicity and mechanism of action of fumonisin B1: a mycotoxin produced by *Fusarium moniliforme*. *Cancer Detect Prev.* 26: 1-9.
21. W.F.O. Marasas, Professor J.D. Miller, Dr R.T. Riley and Dr A. Visconti. (2000). Environmental Health Criteria 219. FUMONISIN B1. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety.
22. Waitzman, N, Romano, P and Grosse, S. The half-life cost of illness estimates: the case of spina bifida (submitted).
23. World Health Organization. 2002. Evaluation of Certain Mycotoxins in Food. Fifty-sixth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Who Technical Report. 906: 16-27.
24. Gelderblom, W.C.A., Jaskiewicz, K., Marasas, W.F.O., Thiel, P. G., Horak, M. J., Vleggaar, R. & Kriek, N.P.J. 1988. Fumonisin—novel mycotoxins with cancer promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 1806–1811.
25. Bezuidenhout, S. C., Gelderblom, W.C.A., Gorst-Allman, C. P., Horak, R. M., Marasas, W.F.O., Spiteller, G. & Vleggaar, R. 1988. Structure elucidation of the fumonisins, mycotoxins from *Fusarium moniliforme*. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1988: 743–745.
27. Marasas W, Riley, R.T., Hendricks, K. Stevens, V., Sadler, T., van Waes, J, Missmer, S. Cabrera, J. Torres, O. Gelderblom, W, Allegood, J., Martı́nez, C. Maddox, J. Miller, DJ, Starr, L., Sullards, C. Roman, A., Voss, K., Wang, E. and Alfred H. Merrill, Jr. 2004. Fumonisin disrupt sphingolipid metabolism, folate transport, and neural tube development in embryo culture and in vivo: A potential risk factor for human neural tube defects among populations consuming fumonisin-contaminated maize. *J. Nutr.* 134 (4):711-716.
28. LaBorde, J. B., Terry, K. K., Howard, P. C., Chen, J. J., Collins, F. X.
29. Shackelford, M. E. & Hansen, D. K. 1997. Lack of embryotoxicity of fumonisin B1 in New Zealand white rabbits. *Fundam. Appl. Toxicol.* 40: 120–128.
30. Qui, M., Liu, X. & Wang, Y. 2001. Determination of sphinganine, sphingosine, and Sa/So ratio in urine of humans exposed to dietary fumonisin B1. *Food Addit. Contam.* 18: 263–269.
31. Finnell, R. H., Gelineau-van Waes, J., Eudy, J. & Rosenquist, T. H. (2002) Molecular basis of environmentally-induced birth defects. *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 42: 181–208.
32. Juriloff, D. M. & Harris, M. J. 2000. Mouse models for neural tube closure defects. *Hum. Mol. Genet.* 9: 993–1000.
33. Czeizel, A. E. & Dudas, I. 1992. Prevention of the first occurrence of neural-tube defects by periconceptual vitamin supplementation. *N. Engl. J. Med.* 327: 1832–1835.
34. Shaw, G. M., Schaffer, D., Velie, E., Morland, K. M. & Harris, J. A. (1995) Periconceptual vitamin use, dietary folate, and the occurrence of neural tube defects. *Epidemiology* 6: 219–226.
35. Werler, M. M., Sharpio, S. & Mitchell, A. A. (1993) Periconceptual folic acid exposure and risk of occurrent neural tube defects. *J. Am. Med. Assoc.* 269: 1257–1261.
36. Green, N. S. (2002) Folic acid supplementation and prevention of birth defects. *J. Nutr.* 132: 2356S–2360S.

37. Stevens, V. L. & Tang, J. 1997. Fumonisin B1-induced sphingolipid depletion inhibits vitamin uptake via the glycosylphosphatidylinositol-anchored folate receptor. *J. Biol. Chem.* 272: 18020–18025.
38. Collins, T.F.X., Sprando, R. L., Black, T. N., Shackelford, M. E., LaBorde, J. B., Hansen, D. K., Eppley, R. M., Trucksess, M. W., Howard, P. C., Bryant, M. A., Ruggles, D. I., Olejnik, N. & Rorie, J. I. 1998. Effects of fumonisin B1 in pregnant rats. Part 2. *Food Chem. Toxicol.* 36: 673–685.
39. Reddy, R. V., Johnson, G., Rottinghaus, G. E., Casteel, S. W. & Reddy, C. S. 1996. Developmental effects of fumonisin B1 in CD1 mice. *Mycopathologia* 134: 161–166.
- 40.1 Torres Olga A. ; Palencia Edwin ; de Pratdesaba Ligia López ; Grajeda Ruben ; Fuentes Mario ; Speer Marcy C. ; Merrill Alfred H. ; O'donnell Derry ; Bacon Charles W. Glenn Anthony E. ; Riley Ronald T. 2007. Estimated fumonisin exposure in Guatemala is greatest in consumers of lowland maize
41. Zacharias, C., van Echten-Deckert, G., Wang, E., Merrill, A. H., Jr. & Sandhoff, K. 1996. The effect of fumonisin B1 on developing chick embryos: correlation between de novo sphingolipid biosynthesis and gross morphological changes. *Glycoconj. J.* 13: 167–175.
42. Flynn, T. J., Pritchard, D., Bradlaw, J., Eppley, R. & Page, S. (1996) In vivo embryotoxicity of fumonisin B1 evaluated with cultured postimplantation staged rat embryos. *In Vitro Toxicol.* 9: 271–279.
43. Sadler, T. W., Merrill, A. H., Jr., Stevens, V. L., Sullards, M. C., Wang, E. & Wang, P. 2002. Prevention of fumonisin B1-induced neural tube defects by folic acid. *Teratology* 66: 169–176.
44. Gelineau-van Waes, J., Starr, L., Maddox, J., Heller, S. & Bennett, G. 2002. Fumonisin B1-induced neural tube defects: disruption of membrane sphingolipids and folate transport. *Teratology* 65: 302.

II. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de muestras de suelo

No.	Agricultor	Comunidad	Municipio	Departamento	Muestra	Código	Resultado Cultivo F. verticiloides
1	Jesus Antonio Trigeros	Pastoria	San Pedro Pinula	Jalapa	Suelo	Sue-1	Negativo
2	Rosa Amelia Lopez Carillo	Paraiso	San Pedro Pinula	Jalapa	suelo	Sue-2	Negativo
3	Bruno Estrada	Laguna Palo Verde	San Pedro Pinula	Jalapa	Suelo	Sue-3	Negativo
4	Hermínio Jimenez	Laguna del Pito	San Pedro Pinula	Jalapa	Suelo	Sue-4	Negativo
5	Salvador López	Duraznal	San Pedro Pinula	Jalapa	Suelo	Sue-5	Negativo
6	Miguel Angel Carias	Campana	Monjas	Jalapa	Suelo	Sue-20	Negativo
7	Mario Martínez		San Pedro Pinula	Jalapa	Suelo	Sue-21	Negativo
8	Hugo Cardona	Campana	Monjas	Jalapa	Suelo	Sue-22	Negativo
9	Jose Medina	Amates	San Manuel Chaparron	Jalapa	Suelo	Sue-24	Negativo
10	Miguel Angel Jimenez	Jutiapa	Quezada	Jutiapa	Suelo	Sue-17	Negativo
11	Juan Antonio Flores		San Antonio	Jutiapa	Suelo	Sue-18	Negativo
12	Leonardo Tenas	Guevara	Asuncion Mita	Jutiapa	Suelo	Sue-19	Negativo
13	Edgar Morales	S	Santa Catarina Mita	Jutiapa	Suelo	Sue-23	Negativo
14	Conrado Herrera Pérez	La Libertad	La Libertad	Peten	Suelo	Sue-6	Negativo
15	Otto Santiago Vasquez	La Libertad	La Libertad	Peten	Suelo	Sue-7	Negativo
16	Atiliano Solis	Vista Hermosa	La Libertad	Peten	Suelo	Sue-8	Negativo
17	Fidel Valencia	Vista Hermosa	La Libertad	Peten	suelo	Sue-9	Negativo
18	Victor Rolando De Leon	La Montaña	Retalhuleu	Retalhuleu	Suelo	Sue-10	Negativo
19	Gabriel Angel López	Caballo Blanco	Retalhuleu	Retalhuleu	Suelo	Sue-11	Negativo
20	Ramiro Rivera	Caballo Blanco	Retalhuleu	Retalhuleu	Suelo	Sue-12	Negativo
21	ICTA B-6	La Maquina	Cuyotenango	Suchitepequez	Suelo	Sue-13	Negativo
22	Miguel Solares	La Maquina	Cuyotenango	Suchitepequez	Suelo	Sue-14	Negativo
23	Fidel Solares	La Maquina	Cuyotenango	Suchitepequez	Suelo	Sue-15	Negativo
24	Domingo Pérez	La Maquina	Cuyotenango	Suchitepequez	Suelo	Sue-16	Negativo

Anexo 2. Análisis de muestras de rastrojo

No.	Agricultor	Comunidad	Municipio	Departamento	Muestra	Código	Resultado Cultivo F. verticiloides
1	Jesus Antonio Trigeros	Pastoria	San Pedro Pinula	Jalapa	rastrojo	Rast-1	Negativo
2	Rosa Amelia Lopez Carillo	Paraiso	San Pedro Pinula	Jalapa	rastrojo	Rast-2	Positivo
3	Bruno Estrada	Laguna Palo Verde	San Pedro Pinula	Jalapa	rastrojo	Rast-3	Negativo
4	Hermínio Jimenez	Laguna del Pito	San Pedro Pinula	Jalapa	rastrojo	Rast-4	Negativo
5	Salvador López	Duraznal	San Pedro Pinula	Jalapa	rastrojo	Rast-5	Negativo
6	Miguel Angel Carias	Campana	Monjas	Jalapa	rastrojo	Rast-17	Negativo
7	Mario Martínez		San Pedro Pinula	Jalapa	rastrojo	Rast-18	Positivo
8	Hugo Cardona	Campana	Monjas	Jalapa	rastrojo	Rast-19	Positivo
9	Jose Medina	Amates	San Manuel Chaparron	Jalapa	rastrojo	Rast-21	Positivo
10	Miguel Angel Jimenez	Jutiapa	Quezada	Jutiapa	rastrojo	Rast-14	Negativo
11	Juan Antonio Flores		San Antonio	Jutiapa	rastrojo	Rast-15	Negativo
12	Leonardo Tenas	Guevara	Asuncion Mita	Jutiapa	rastrojo	Rast-16	Positivo
13	Edgar Morales		Santa Catarina Mita	Jutiapa	rastrojo	Rast-20	Positivo
14	Conrado Herrera Pérez	La Libertad	La Libertad	Peten	rastrojo	Rast-6	Negativo
15	Otto Santiago Vasquez	La Libertad	La Libertad	Peten	rastrojo	Rast-7	Negativo
16	Atiliano Solis	Vista Hermosa	La Libertad	Peten	rastrojo	Rast-8	Negativo
17	Fidel Valencia	Vista Hermosa	La Libertad	Peten	rastrojo	Rast-13	Negativo
18	Victor Rolando De Leon	La Montaña	Retalhuleu	Retalhuleu	rastrojo	Rast-9	Negativo
19	Gabriel Angel López	Caballo Blanco	Retalhuleu	Retalhuleu	rastrojo	Rast-10	Negativo
20	Ramiro Rivera	Caballo Blanco	Retalhuleu	Retalhuleu	rastrojo	Rast-11	Negativo
21	Linea B-6	La Maquina	Cuyotenango	Suchitepequez	rastrojo	Rast-12	Negativo

Anexo 3. Análisis de fumonisinas en muestras de semilla de maíz

No.	Colaborador	Lugar	Municipio	Departamento	Código	FB1 ug/g	FB2 ug/g	FB3 ug/g	Total FB's
1	Jesus Antonio Trigeros	Pastoria	San Pedro Pinula	Jalapa	Sem-1	0.327	0.186	0.275	0.788
2	Rosa Amelia Lopez Carillo	Paraiso	San Pedro Pinula	Jalapa	Sem-2	0.041	0.017	0.000	0.058
3	Bruno Estrada	Laguna Palo Verde	San Pedro Pinula	Jalapa	Sem-3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	Herminio Jimenez	Laguna del Pito	San Pedro Pinula	Jalapa	Sem-4	0.020	0.000	0.000	0.020
5	Salvador López	Duraznal	San Pedro Pinula	Jalapa	Sem-5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	Miguel Angel Carias	Campana	Monjas	Jalapa	Sem-10	0.593	0.101	0.073	0.768
7	Miguel Angel Jimenez	Jutiapa	Quezada	Jutiapa	Sem-7	0.020	0.000	0.000	0.020
8	Juan Antonio Flores		San Antonio	Jutiapa	Sem-8	0.020	0.000	0.000	0.020
9	Leonardo Tenas	Guevara	Asuncion Mita	Jutiapa	Sem-9	0.143	0.034	0.018	0.195
11	Semilla Parcela 7	Parcela 7		Jutiapa	Sem-100	0.082	0.017	0.000	0.099
12	Linea A-13	La Maquina	Cuyotenango	Suchitepequez	Sem-6	0.000	0.000	0.000	0.000
					Media	0.113	0.032	0.033	0.179
					Sd	0.186	0.059	0.083	0.302
					Máximo	0.593	0.186	0.275	0.788
					Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000

Anexo 4. Análisis de concentración de fumonisinas en concentrados para alimentación animal-

No.	Descripcion de la muestra	Localidad	Departamento	FB1 ug/g	FB3 ug/g	FB2 ug/g	Total B1B2B3
2008-C 001 08/07/08	Concentrado para animales	Monjas	Jalapa	0.91	0.11	0.27	1.29
2008-C 002 08/07/08	Concentrado para animales	San Pedro Pinula	Jalapa	0.85	0.09	0.24	1.19
2008-C 003 09/07/08	Concentrado para animales	Asunción Mita	Jutiapa	0.94	0.12	0.26	1.32
2008-C 006 10/7/08	Concentrado para animales	Quezada	Jutiapa	0.77	0.09	0.18	1.04
2008-C 004 10/07/08	Concentrado para animales	Santa Catarina Mita	Jutiapa	0.63	0.07	0.15	0.85
2008-C 005 10/7/08	Concentrado para animales	Jutiapa	Jutiapa	0.97	0.12	0.29	1.37
2008-C 007 15/07/08	Concentrado para animales	Retalhuleu	Retalhuleu	1.24	0.13	0.37	1.75
2008-C 008 15/07/08	Concentrado para animales	Caballo Blanco	Retalhuleu	0.45	0.06	0.12	0.63
2008-C 009 16/07/08	Concentrado para animales	La Máquina C-1	Suchitepequez	1.27	0.14	0.40	1.82
2008-C 010 16/07/08	Concentrado para animales	La Máquina C-2	Suchitepequez	0.60	0.07	0.15	0.82
2008-C 011 17/07/08	Concentrado para animales	Mazatenango	Suchitepequez	1.69	0.15	0.53	2.38
	MEDIA			0.94	0.10	0.27	1.31
	SD			0.36	0.03	0.12	0.51
	VALOR MAXIMO			1.69	0.15	0.53	2.38
	VALOR MINIMO			0.45	0.06	0.12	0.63

Anexo 5. Análisis de concentración de fumonisinas en harina de maíz para alimentación humana.

No.	Descripcion de la muestra	Localidad	Departamento	FB1 ug/g	FB3 ug/g	FB2 ug/g	Total B1B2B3
2008-HC 002 09/07/08	Harina compuesta de maíz	San Pedro Pinula	Jalapa	0.02	0.00	0.00	0.03
2008-HC 003 09/07/08	Harina compuesta de maíz	Asunción Mita	Jutiapa	0.89	0.09	0.21	1.20
2008-HC 005 10/07/08	Harina compuesta de maíz	Jutiapa	Jutiapa	0.37	0.04	0.09	0.50
2008-HC 004 10/07/08	Harina compuesta de maíz	Santa Catarina Mita	Jutiapa	0.05	0.00	0.01	0.06
2008-HC 008 15/07/08	Harina compuesta de maíz	Caballo Blanco	Retalhuleu	0.18	0.02	0.04	0.24
2008-HC 007 15/07/08	Harina compuesta de maíz	Retalhuleu	Retalhuleu	0.04	0.00	0.01	0.05
2008-HC 009 16/07/08	Harina compuesta de maíz	La Máquina C-1	Suchitepequez	0.55	0.06	0.14	0.75
2008-HC 010 16/07/08	Harina compuesta de maíz	La Máquina C-2	Suchitepequez	0.25	0.03	0.07	0.35
2008-HC 011 17/07/08	Harina compuesta de maíz	Mazatenango	Suchitepequez	0.09	0.01	0.02	0.11
2008-HC ST 011 17/07/08	Harina compuesta de maíz	Mazatenango	Suchitepequez	0.45	0.35	0.29	1.09
	MEDIA			0.29	0.06	0.09	0.44
	SD			0.28	0.11	0.10	0.44
	VALOR MAXIMO			0.89	0.35	0.29	1.20
	VALOR MINIMO			0.02	0.00	0.00	0.03

Anexo 6. Análisis de concentración de fumonisinas en harina de Incaparina para alimentación humana

No.	Descripcion de la muestra	Localidad	Departamento	FB1 ug/g	FB3 ug/g	FB2 ug/g	Total B1B2B3
2008-I 001 08-07-08	Harina de Incaparina	Monjas	Jalapa	0.42	0.05	0.09	0.57
2008-I 002 09-07-08	Harina de Incaparina	San Pedro Pinula	Jalapa	0.73	0.08	0.17	0.98
2008-I 006 10/07/08	Harina de Incaparina	Quezada	Jutiapa	0.37	0.04	0.08	0.49
2008-I 004 10/07/08	Harina de Incaparina	Santa Catarina Mita	Jutiapa	0.57	0.07	0.14	0.78
2008-I 003 09/07/08	Harina de Incaparina	Asunción Mita	Jutiapa	0.86	0.12	0.20	1.18
2008-I 005 10/07/08	Harina de Incaparina	Jutiapa	Jutiapa	0.80	0.11	0.19	1.10
2008-I 008 15/07/08	Harina de Incaparina	Caballo Blanco	Retalhuleu	0.56	0.06	0.12	0.74
2008-I 007 15/07/08	Harina de Incaparina	Retalhuleu	Retalhuleu	0.49	0.05	0.10	0.65
2008-I 009 16/07/08	Harina de Incaparina	La Máquina C-1	Suchitepéquez	6.28	0.75	1.56	8.59
2008-I 010 16/07/08	Harina de Incaparina	La Máquina C-2	Suchitepéquez	0.44	0.05	0.09	0.58
2008-I 011 17/07/08	Harina de Incaparina	Mazatenango	Suchitepéquez	2.04	0.25	0.49	2.78
	MEDIA			1.23	0.15	0.29	1.68
	SD			1.74	0.21	0.44	2.38
	VALOR MAXIMO			6.28	0.75	1.56	8.59
	VALOR MINIMO			0.37	0.04	0.08	0.49

Anexo 7. Análisis de concentración de fumonisinas en tortilla de maíz para alimentación humana

No.	Descripcion de la muestra	Localidad	Departamento	FB1 ug/g	FB3 ug/g	FB2 ug/g	Total B1B2B3
2008-T 001 08-07-08	Tortilla de maíz	Monjas	Jalapa	0.45	0.05	0.18	0.68
2008-T 002 09-07-08	Tortilla de maíz	San Pedro Pinula	Jalapa	0.58	0.07	0.24	0.89
2008-T 003 09/07/08	Tortilla de maíz	Asunción Mita	Jutiapa	1.14	0.14	0.48	1.76
2008-T 006 10/07/08	Tortilla de maíz	Quezada	Jutiapa	0.77	0.13	0.66	1.56
2008-T 004 10/07/08	Tortilla de maíz	Santa Catarina Mita	Jutiapa	0.77	0.11	0.42	1.30
2008-T 005 10/07/08	Tortilla de maíz	Jutiapa	Jutiapa	0.22	0.03	0.11	0.36
2008-T 008 15/07/08	Tortilla de maíz	Caballo Blanco	Retalhuleu	0.14	0.02	0.06	0.23
2008-T 007 15/07/08	Tortilla de maíz	Retalhuleu	Retalhuleu	0.15	0.02	0.05	0.23
2008-T 009 16/07/08	Tortilla de maíz	La Máquina C-1	Suchitepéquez	0.54	0.08	0.18	0.80
2008-T 010 16/07/08	Tortilla de maíz	La Máquina C-2	Suchitepéquez	0.21	0.03	0.06	0.30
2008-T 011 17/07/08	Tortilla de maíz	Mazatenango	Suchitepéquez	0.23	0.03	0.08	0.34
	MEDIA			0.47	0.06	0.23	0.77
	SD			0.32	0.04	0.20	0.55
	VALOR MAXIMO			1.14	0.14	0.66	1.76
	VALOR MINIMO			0.14	0.02	0.05	0.23