

# Los lípidos y fumonisinas, bio-moléculas involucradas en el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas

*Peña- Betancourt Silvia Denise\**

## RESUMEN

En México la presencia de fumonisinas en los alimentos ha sido demostrada, principalmente en el maíz y productos derivados. Su mecanismo de acción es a través de una inhibición en la síntesis de lípidos, moléculas anfipáticas que incluyen grasas, vitaminas y fosfolípidos, que poseen distintas funciones en los tejidos, siendo importante su análisis para prevenir distintas enfermedades metabólicas, cardiovasculares y oncológicas. En este estudio se determinó la presencia de fumonisinas y de ácidos grasos en 17 variedades de maíz comercializado en México y su contenido en ácidos grasos. Para el análisis de la grasa total, se utilizó la espectroscopia de reflectancia cercana al infrarrojo (NIRS), la cromatografía de gases para los ácidos grasos y la técnica de inmunoensayo de flujo lateral (IFL), para las fumonisinas. De acuerdo con nuestros resultados, el maíz se encontró contaminado con fumonisinas en niveles que fluctuaron entre 0.41 a 1.20 mg/kg, observándose un incremento en los lípidos totales (1%), y un

## ABSTRACT

In Mexico the presence of fumonisins in food has been demonstrated, mainly in maize and derived products, as many countries; whose mechanism of action is the inhibition of lipid (phospholipid) synthesis. Lipids are amphipathic molecules that include fats, vitamins and phospholipids, which have different functions in the tissues, being important for the prevention of different diseases metabolic, cardiovascular and oncological.

This study determined the presence of fumonisins and fatty acids in 17 maize varieties, commercialized in Mexico. For the analysis of total fat, near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS), gas chromatography for fatty acids and the lateral flow immunoassay technique (IFL) were used for fumonisins. According to our results, maize was contaminated with fumonisins at levels ranging from 0.41 to 1.20 mg/kg, with an increase in total lipids (1%) and an increase in mono-unsaturated (oleic) and polyunsaturated fatty acids (Linoleic

\* Profesora investigadora del Departamento de Producción Agrícola y Animal. Laboratorio de Toxicología, Laboratorio de análisis instrumental. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.  
spena@correo.xoc.uam.mx

Fecha de recepción: 05 de diciembre de 2016  
Fecha de aceptación: 14 de febrero de 2017

incremento de ácidos grasos mono-insaturados (oleico) y poliinsaturados (linoleico y linolénico). Los cambios detectados en el contenido total de lípidos y de ácidos grasos en particular del linoleico, no favorece la prevención del desarrollo del síndrome metabólico, es decir, la obesidad, la hipertensión y la diabetes, así como el cáncer en los consumidores genéticamente susceptibles. En México no existe la regulación para fumonisinas en maíz, a pesar de que el consumo es alto y se encuentra contaminado con fumonisinas.

**PALABRAS CLAVES:** maíz, fumonisinas, variedades, ácidos grasos, prevención de enfermedades.

and linolenic). The changes detected in total lipid and fatty acid content in particular linoleic acid may favor the development of the metabolic syndrome (obesity, hypertension and diabetes) in genetically susceptible consumers. In Mexico there is no regulation for fumonisins, in maize even though the consumption is high and is contaminated with fumonisins.

**KEYWORDS:** maize, fumonisins, varieties, fatty acids, disease prevention.

## Introducción

Las fumonisinas son sustancias químicas, producto del metabolismo secundario de hongos del género *Fusarium spp.*, principalmente, *Fusarium verticilloides*, un hongo saprófito en los suelos de uso agrícola, con alta prevalencia a nivel mundial, que bajo temperaturas cálidas las sintetiza, para su protección (Ferrigo, Raiola y Caussin, 2016). Las fumonisinas son policétidos que actúan inhibiendo la síntesis de novo de los esfingolípidos, sustancias que se encuentran en diversos tejidos principalmente en el tejido nervioso y el tejido graso, que ejercen una función protectora de la célula y moléculas de señalización de la apoptosis celular (De la Torre, Sánchez, Galeana y Plasencia, 2014).

En animales, la falta de fosfolípidos provoca una desmielinización de las neuronas, ocurriendo necrosis de las células nerviosas y poliencefalomacia (Marasas *et al.*, 1988). En el humano, epidemiológicamente se ha relacionado con defectos del tubo neural en niños recién nacidos (Missmer *et*

*al.*, 2006) y con el cáncer hepático y esofágico en personas adultas (Li *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2006).

El método analítico indicado para aislar e identificar fumonisinas es la Cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), debido a su alta sensibilidad de 5 µg/g (Peña, 2006). Actualmente, el inmunoensayo de flujo lateral (IFL) o inmunoensayo cromatográfico es una nueva alternativa, principalmente para laboratorios de poca infraestructura, por su rapidez, sencillez y bajo costo (Wong y Haley, 2009).

Los organismos internacionales recomiendan como límite máximo para fumonisinas en maíz sin procesar, un contenido de 1.75 mg/kg, y en harinas de maíz para consumo humano 750 µg/kg. La Comisión del Códex Alimentario estableció como ingesta diaria una dosis de 2 ng/g de fumonisinas para una persona adulta de 60 kg

de peso, con el objeto de evitar un riesgo a la salud pública, tomando en consideración los estudios de la Agencia Internacional de investigación en Cáncer (IARC, 1993), quien las clasificó como posibles carcinógenos humanos (Codex Alimentario 2000, Códex alimentario, 2003; Reglamento (CE) No. 1126/2007). Sin embargo, pocos estudios sobre el consumo de fumonisinas en la dieta se realizan en México, a pesar de que la presencia de fumonisinas ha sido ampliamente documentada en el grano de maíz y sus derivados como la masa y tortilla (Calderón, Peña y Carvajal, 2005; Dvorak, Riley, Harris y Mc. Gregor, 2008); en la harina de maíz, en cantidades de 1.80 mg/kg, y en tortillas en niveles muy similares (1.9 mg/kg), incluso han sido identificados los metabolitos de la FB1 (FB1H, FB2H, FB3H), los cuales pueden ser más tóxicos que su metabolito original (Torres y López, 2010). A nivel nacional no existe aún un límite máximo permitido para fumonisinas en ningún alimento o ingrediente, solo para aflatoxinas en granos de maíz (20 µg/kg) y en tortillas (12 µg/kg), así como en leche (NOM-182-SSA, 2002 y NOM-243-SSA1-2010). La dieta se considera un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas, como la obesidad, diabetes tipo 2, hipertensión y enfermedades oncológicas. Éstas están relacionadas con el abuso en el consumo de alimentos de alto aporte calórico, como son los lípidos y azúcares presentes en los granos de cereales y sus derivados (harinas refinadas y tortillas); también existen otras causas, como el sedentarismo y la genética (Stepien, Chajes y Romieu, 2016).

Los lípidos son moléculas pequeñas anfipáticas o hidrofóbicas que incluyen las grasas, esteroides, vitaminas A, D y E y fosfolípidos, con diversas funciones en el organismo, como almacén de energía, componentes de la membrana celular,

mediadores en la respuesta inmune, transductores de señales principalmente. Su análisis requiere de la cromatografía líquida acoplada a la espectrometría de masas (SM) o de la cromatografía gaseosa (CG), mediante una metilación de los ácidos grasos. Estos métodos están siendo sustituidos debido a que estos no distinguen las fragmentaciones que los ácidos grasos de cadena larga y el grado de insaturación provocan, lo cual conlleva a una cuantificación inespecífica que para estudios de identificación, cuantificación y funcionalidad como los que se necesitan en un sistema biológico (lipidómica), son necesarios.

El consumo de granos de cereales en México es alto. Si se considera que una persona adulta consume aproximadamente 57 kg de tortillas anualmente, es decir un mínimo de 5 tortillas diarias, se podría explicar que a nivel nacional solo el 25% de las mujeres adultas presentan un peso normal, 35% sobrepeso y 37% obesidad, es decir 7 de cada 10 personas adultas presentan sobrepeso u obesidad (ENSANUT, 2012). La prevalencia de la obesidad en niños es alta, siendo del 15% en niños y 11% en niñas, de acuerdo con la encuesta realizada por Del Río *et al.*, 2000. A nivel mundial el 10% de la población es obesa (GLOBOCAN, 2012). Se estima que existen 1.1 millones de casos de cáncer entre la población mexicana y se espera un incremento del 66% para el 2030 (GLOBOCAN, 2012). Por otra parte, la ingesta de alimentos contaminados ha sido implicada con diversas enfermedades cardiovasculares (hipertensión) y oncológicas (cáncer hepático, cáncer esofágico) (Li *et al.*, 2014).

En este estudio, se determinó la presencia de fumonisinas y el contenido de ácidos grasos monoinsaturados y polinsaturados en las variedades de maíz blanco y amarillo nativo de México.

## Materiales y métodos

Un total de 31 muestras de maíz fueron analizadas durante 2013 y 2014, de las cuales, 17 (diez de la variedad blanco y siete amarillo) fueron donadas por el Instituto de Investigaciones Agrícolas y Forestales del INIFAP-Morelos, ubicado en el municipio de Zacatepec, Estado de Morelos, entre las coordenadas de 18° 37' y 18 41' longitud norte y 99° 10' y 99° 14' longitud oeste, a una altura de entre 900 a 1200 msnm, con una temperatura mínima de 24° C y máxima de 40° C, con una precipitación promedio anual de 82 mm en la Primavera 2013 y otoño 2014. 14 de las muestras de maíz restantes (siete de la variedad blanco y siete de maíz pinto), se colectaron directamente de la siembra de los productores de maíz de la zona metropolitana, en la Delegación Tláhuac, entre las coordenadas de 19° 25'10" norte y 99° 08'44" oeste; a una altura de entre 2250 a 3930 msnm, con una temperatura mínima de 26° C y máxima de 33° C, con una precipitación promedio anual de 600 a 1200 mm anuales.

Se determinó el contenido de lípidos totales mediante la espectroscopia de reflectancia cercana al infrarrojo (NIRS), en un equipo NIRS System modelo 6500 FOSS utilizando una calibración a partir de ISI Software (IC-0907FE), en una longitud de onda a 1200 a 2350 nm. La determinación de fumonisinas se realizó mediante la técnica de inmunoensayo de flujo lateral, a partir de 5 g de la muestra; se procedió a una extracción con 50 mL de la solución amortiguadora o PBS, la suspensión se mezcla en un vórtex por dos minutos y el sobrenadante se coloca en la tira inmunológica. Para el contenido de ácidos grasos, 50 mg de grasa se extrajeron de cada muestra que se derivatizó hasta ésteres metílicos de acuerdo con la ISO 15885,

2002. Los ésteres metílicos se analizaron en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC 2010 plus, utilizando un detector de ionización de flama y una columna capilar de 100 m x 0.25 x 0.2 µm de espesor. La identificación de los ácidos grasos se realizó usando estándares externos (Mix C4-C24) de la marca Supelco. El registro e integración de los picos cromatográficos se realizó a través del software Shimadzu GC solution versión 2.4. Se utilizó helio como gas acarreador. El tiempo de corrida por muestra en el cromatógrafo fue 42 min. Todos los reactivos fueron adquiridos de Sigma, Merck (Dermstadt, Alemania) y Becker de la Ciudad de México.

Para el análisis estadístico de los datos cuantitativos de la grasa se capturaron en el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows y se calcularon medidas de tendencia central.

## Resultados

Los resultados del contenido de lípidos y fumonisinas totales se presentan en el Cuadro 1., en el que se observa que el contenido medio de lípidos totales en el maíz blanco fue de 5.6 %, en un rango de 4.7 % a 6.9 % y para el maíz amarillo un contenido medio de 5.2%, con un mínimo de 5.0% y un máximo de 5.7%. El 53% de las muestras presentaron contaminación por fumonisinas analizadas usando la técnica de Quick tox (FB1, FB2, FB3, FB4). El 31% del maíz blanco presentó niveles medio de 0.56 mg/kg con un rango de 0.23 mg/kg a 1.20 mg/kg; el 22% del maíz amarillo con un nivel medio de 0.43 mg/kg y un rango de 0.56 mg/kg a 1.0 mg/kg El 47% presentó niveles por debajo de ambos valores detectados (menor a 0.23 mg/kg).

**Cuadro 1. Contenido de lípidos y fumonisinas totales en maíz nativo blanco y amarillo.**

Variedad de maíz	Lípidos totales %		Fumonisinias totales mg/ kg	
	$\bar{x}$	d.e	$\bar{x}$	d.e
Amarillo (n=7)	5.25	0.09	0.41	0.21
Blanco (n=10)	5.63	0.22	0.26	0.05
P	0.01		<0.01	
$\bar{x}$ = Promedio. d.e.= Desviación estándar de la media, P=probabilidad, 0.05. ppm=Partes por millón				

En el Cuadro 2. Se presenta el contenido de los distintos ácidos grasos (triglicéridos) de maíz nativo blanco y pinto, en el que se observa que el ácido graso palmítico mostró un contenido medio de 12.28% y 12.14%; el ácido esteárico, un contenido de 3.01% y 3.30%; el ácido graso oleico de 38.45% y de 40.61%; el linoleico, de

45.39% y 43.15% y el ácido graso alfa linolénico finalmente, un nivel de 0.83% y 0.77%, respectivamente. El contenido de fibra cruda (FC) de las muestras también presentó una correlación positiva con respecto a la determinación de las cenizas ( $r=0.6197$ ,  $P=0.0080$ ).

**Cuadro 2. Contenido de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) y ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico y linolénico) en maíz nativo blanco y pinto expresados en mg/kg.**

Variedades	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico
Blanco (n=7)	12.28	3.01	38.45	45.39	0.84
Pinto (n=7)	12.14	3.30	40.61	43.15	0.77
P	0.32	0.06	<0.01	0.01	0.08
$\bar{x}$ = Promedio. d.e.= Desviación estándar de la media, P=probabilidad, 0.05.					

**Imagen 1. Tiras reactivas positivas a fumonisinas en ambos casos**



## Discusión

El contenido de lípidos totales mostró un aumento del total de los ácidos grasos triglicéridos analizados en 1% de la muestra, dependiendo de la variedad de maíz. De acuerdo con la técnica de espectroscopia de luz cercano al infrarrojo (NIR), cabe mencionar que ésta técnica presenta ciertas limitaciones en la cuantificación, a pesar de su rapidez en el análisis, que aunado al tamaño de la muestra analizada no resulta muy conveniente (Bresanni, Turcios, Reyes y Mérida, 2001).-

En éste trabajo pudimos detectar una variación en el contenido del ácido graso palmítico -un tipo de *acyltriglicérido*, un lípido todavía más específico que los anteriores, principalmente en el maíz blanco- en un 11.73% con respecto al maíz azul, de 12.14%, y con el ácido esteárico. Mientras que el ácido oleico presentó una disminución en el maíz blanco y un incremento en el ácido linoleico y linoléico. Por lo que el incremento en la grasa total, considerando el alto consumo de la tortilla, puede ocasionar un incremento de peso que como lo indica León, Johansson y Rasmussen (2000),

la obesidad es un importante predictor de morbimortalidad a largo plazo, como consecuencia de la hipertrigliceridemia, hipertensión y diabetes.

Por otra parte, los niveles de contaminación por fumonisinas detectados se encuentran dentro del límite máximo permitido (1.75 mg/kg). Sin embargo, nuestros hallazgos concuerdan con Dvorak *et al.*, (2008), que detectaron niveles muy similares, lo que sugiere que después de un período de ocho años la contaminación por fumonisinas en el maíz no ha sido controlada, y que el consumidor continúa ingiriendo pequeñas cantidades diariamente, lo que puede afectar su sistema nervioso a largo plazo o puede ser un factor predisponente al desarrollo de cáncer esofágico, como lo han demostrado estudios epidemiológicos realizados en China (Wang *et al.*, 2006; Sun *et al.*, 2007 ) y en el estado de Texas, USA (Missmer *et al.*, 2006).

La identificación y cuantificación de los lípidos en los alimentos es una línea de investigación

que se necesita en el área médica, ya que se deberá identificar el contenido de lípidos (ácidos grasos mono-insaturados y poli-insaturados) con sus implicaciones clínicas y epidemiológicas en las poblaciones, y así establecer los niveles de referencia de ingesta diaria de los ácidos grasos para una persona adulta, como lo ha descrito Flock *et al.*, (2013).

### Conclusiones

La presencia de fumonisinas en el maíz evaluado, se encuentra dentro del límite máximo permitido

por los organismos internacionales. Sin embargo, pequeñas cantidades ingeridas por largos períodos de tiempo pueden desencadenar enfermedades crónico degenerativas.

Es necesario seguir estudiando el contenido y tipo de lípidos en los maíces de acuerdo con su genotipo, con el objeto de contar con información que avale la ingesta diaria de los ácidos grasos mono-insaturados y poli-insaturados, reduciendo la ingesta de calorías y el sobrepeso, o algún padecimiento cardiovascular, relacionado con la diabetes en la población Mexicana.

### Referencias bibliográficas

- ANTONISSEN, G., Martel, A., Pasmans, F., Ducatelle, R., Verbrugge, E., Vandebroucke, V., Li, S., Haesebrouck, F., Van, I. F. y Croubels, S. (2014). The impact of *Fusarium* mycotoxin on human and animal host susceptibility to infectious diseases. *Toxins*, 6(2), 430-452.
- BRESSANI, R., Turcios, J. C., Reyes, L. y Mérida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(3), 309-313.
- CALDERÓN, V., Peña, B. S. D. y Carvajal, M. M. (2005). Cinética de distribución fotoquímica de fumonisina B1 y B2 en maíz mejorado. Tesis Doctoral. CBS. UAM-X.
- CÓDEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Code of practice for the prevention and reduction of mycotoxin contamination in cereals, including annexes on ochratoxin A, zearalenone, fumonisins and tricothecenes (CAC/RCP 51-2003). In *Prevention and Reduction of Food and Feed Contamination*; FAO, WHO: Rome, Italy, 2003, 1-13.
- CODEx ALIMENTARIUS COMMISSION. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed; CODEX STAN 193-1995 (Rev.1-1997); in *Joint FAO/WHO Food Standards Programme*; FAO, WHO: Rome, Italy, 2000.
- DE LA TORRE, H. M. E., Sánchez, R. D., Galeana S. E. y Plasencia P. J. (2014). Fumonisinas: síntesis y función en la interacción *Fusarium verticillioides*-maíz. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1), 77-91.
- DEL RÍO, N. B., Velázquez, M. O., Sánchez, C. C. P., Lara, E. A., Berber, A., Fanghanel, G., Violante, R., Tapia, C. R. y James, W. P. (2004). The Encuesta Nacional de Salud (ENSA) 2000 Working Group. The high prevalence of overweight and obesity in Mexican children. *Obesity Research*, 12(2), 215-223.
- DENYER, G. S. (2002). Essential role of fats throughout the lifecycle. Background: the renaissance of fat: roles in membrane structure, signal transduction and gene expression. *Medical Journal of Australia*, 176 Suppl, S109-S110.
- DVORAK, N. J., Riley, R. T., Harris, M. y McGregor, J. A. (2008). Fumonisin mycotoxin contamination of corn-based foods consumed by potentially pregnant women in southern California. *Journal of Reproductive Medicine*, 53(9), 672-676.
- EUROPEAN COMMISSION. Commission Regulation (EC) No. 1126/2007 on maximum levels for certain contaminants

- in foodstuffs as regards Fusarium toxins in maize and maize products. *Off. J. Eur. Union* 2007, 255, 14–17.
- FERRIGO, D., Raiola, A. y Caussin, R. (2016). Fusarium toxins in Cereals; Occurrence, legislation, factors promoting the appearance and their management. *Molecules*, 21(627), 1-35.
- FLOCK, M. R., W.S. Harris. y Kris, E. P. M. (2013). Long chain omega -3-fatty acid time to establish a dietary reference intake. *Nutrition Reviewers*.
- FUCHS, B., Sub, R. y Teuber, K. (2011). Lipids analysis by thin-layer chromatography. *J of Chromatography A*. vol 1218, 19, 2754-2774.
- GOLCALVES, F., Carvalheiro, G. M. y Gomes, A. J. (2010). Influence of food components on lipid metabolism: scenarios and perspective on the control and prevention of dyslipidemias. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 30 (Supl.1), 7-14, maio.
- GLOBOCAN. (2012). Estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2012. [www.globocan.iarc.fr](http://www.globocan.iarc.fr).
- HU, F. B. (2001). The balance between n-6 and n-3 fatty acids and the risk of coronary heart disease. *Nutrition* v 17, n.9, 741-742.
- HU, F. B., Cho, E., Rexrode, M. D., Albert, C. M. y Manson, J. E. (2003). Fish and long chain w-3 intake and risk of coronary heart disease a total mortality in diabetic woman. *Circulation*, 107(14), 1852-1857.
- IARC. (1993). Toxins derived from *Fusarium moniliforme*: fumonisins B1 and B2 and Fusarin C. In: *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans*. Lyon: World Health Organization, 56, 445-466.
- LEON, D. A., Johansson, M. y Rasmussen, F. (2000). Gestational age and growth rate of fetal mass are inversely associated with systolic blood pressure in young adults: an epidemiologic study of 165,136 Swedish men aged 18 years. *American Journal of Epidemiology*, 152(7),597-604.
- LI, B., Jiang, G., Zhang, G., Xue, Q., Zhang, H., Wang, C. y Zhao, T. (2014). Intake of vegetables and fruit and risk of esophageal adenocarcinoma: a meta-analysis of observational studies. *European Journal of Nutrition*, 53(7), 1511-1521.
- LI, F. Q., Yoshizawa, T., Kawamura, O., Luo, X. Y. y Li, Y. W. (2001). Aflatoxins and fumonisins in corn from the high-incidence area for human hepatocellular carcinoma in Guangxi, China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4122-4126.
- MARASAS, W. F., Kellerman, T. S., Gelderblom, W. C., Coetzer, J. A., Thiel, P. G. y Van der Lugt, J. J. (1988). Leukoencephalomalacia in a horse induced by fumonisin B1 isolated from *Fusarium moniliforme*. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 55(4), 197-203.
- MISSMER, S. A., Suarez, L., Felkner, M., Wang, E., Merrill, A. H. J., Rothman, K. J. y Hendricks, K. A. (2006). Exposure to fumonisins and the occurrence of neural tube defects along the Texas-Mexico border. *Environmental Health Perspectives*, 114(2), 237-241.
- NIRS SYSTEM. Modelo 6500 FOSS. Corn grain high moisture and dry. ISI Software (IC-0907FE). Laboratorio de Bromatología UAM-Xochimilco.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.
- PEÑA, B. S. D. (2006). Detection of fumonisins in maize (*Zea mays* L.) by three analytical techniques (HPLC, TLC and ELISA). In *Mycotoxins and Phycotoxins Advances in determination, toxicology and exposure management*. Eds. H Njapau, Trujillo Sócrates, Hans van Egmond and Park D. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- PÉREZ, G. C. E. y Guerrero, F. C. A. (2006). Ácidos grasos en la dieta Diabetes mellitus e insulino resistencia. *Revista de la Facultad de Medicina*, 54(2), 134-142.
- SECRETARIA DE SALUD. Programa Nacional de Salud 2007-2012. 1 era Edición 2007. Secretaría de salud, México.
- STEPIEN, M., Chajes, V. y Romieu, I. (2016). The role of diet in cancer: the epidemiologic link. *Salud Pública de México*, 58(2), 261-273.
- SUN, G., Wang, S., Hu, X., Su, J., Huang, T., Yu, J., Tang, L., Gao, W. y Wang J.S. (2007). Fumonisin B1 contamination

of home-grown corn in high-risk areas for esophageal and liver cancer in China. *Food Additives and Contaminants*, 24(2), 181-185.

TORRES, S. L. y López, C. (2010). Consumo de fumonisinas y daños a la salud humana. *Salud Pública de México*, 52(5), 461-467.

WANG, Z., Tang, L., Sun, G., Tang, Y., Xie, Y., Wang, S., Hu,

X., Gao, W., Cox, S.B. y Sheng W.J. (2006). Etiological study of esophageal squamous cell carcinoma in an endemic region: a population-based case control study in Huaian, China. *Biomed Central Cancer*, 6(287), 1-9.

WONG, R. y Harley, Y. (2009). *Lateral Flow immunoessay*. Springer, Humana Press, New York, NY, USA.