

## **Micotoxinas en Nayarit, México: Estudio de casos**

### **Mycotoxins in Nayarit, Mexico: Case studies**

Robledo-Marengo ML<sup>1\*</sup>, Rojas-García AE<sup>1</sup>, Medina-Díaz IM<sup>1</sup>, Barrón-Vivanco BS<sup>1</sup>,  
Romero-Bañuelos CA<sup>1</sup>, Rodríguez-Cervantes CH<sup>2</sup>, Girón-Pérez MP.

<sup>1</sup>Laboratorio de Contaminación y Toxicología Ambiental.

<sup>2</sup>Laboratorio de Inmunotoxicología. Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo s/n. C.P. 63155, Tepic, Nayarit. México.

Recibido: 02 de mayo de 2012.

Aceptado: 30 de junio de 2012.

#### **Resumen**

En Nayarit, estudios preliminares reportan la presencia de fumonisina B1, toxina T-2 y zearalenona en maíz forrajero y ocratoxina en café verde. Además, recientemente se determinó la presencia de fumonisinas en alimento para tilapia producida en el estado de Nayarit. Estos antecedentes sugieren la importancia de realizar investigación en el campo de las micotoxinas, que contribuya a la legislación existente en alimentos destinados al consumo humano y animal.

**Palabras clave:** micotoxinas, granos, piensos.

#### **Abstract**

In Nayarit, preliminary studies report the presence of fumonisin B1, T-2 toxin and zearalenone in corn forage and ochratoxin in green coffee. Recently had been investigated the occurrence of fumonisins in feed for tilapia produced in the state of Nayarit. Those antecedents suggest the importance of research in the field of mycotoxins that contributes to the existing legislation, especially in food and feed for human and animal consumption.

**Key words:** mycotoxins, grain, feed.

#### **Introducción**

Las micotoxinas se caracterizan por ser productos naturales producidos como metabolitos secundarios por algunos mohos filamentosos (Benett, 1987). Son compuestos de bajo peso molecular, policetónicos resultantes de las reacciones de condensación que tienen lugar bajo ciertas condiciones físicas, químicas y biológicas, que interrumpen la reducción de los grupos cetónicos en la biosíntesis de los ácidos grasos, utilizados por los mohos como fuente de energía (Pitt, 1996). La formación de las micotoxinas se puede dar al final de la fase exponencial o al principio de la fase estacionaria del crecimiento del moho (Cabañes, 2000). Dentro de las principales condiciones que favorecen el crecimiento de los mohos y la producción de micotoxinas se encuentran: la humedad, actividad de agua, temperatura, pH, composición del sustrato y presencia de parásitos (Sanchis *et al.*, 2007).

De los cientos de micotoxinas identificadas como contaminantes naturales y frecuentes en alimentos, se mencionan: las aflatoxinas (AFs), ocratoxinas, zearalenonas (ZEA), fumonisinas, tricotecenos (toxina T-2,

#### **\*Autor Corresponsal:**

Robledo-Marengo ML. Laboratorio de Contaminación y Toxicología Ambiental. Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit. Cd. de la Cultura Amado Nervo s/n, C.P. 63155, Tepic Nayarit, México. Tel: 01 311 2 11 88 00 ext. 8919. Correo Electrónico: [loroma@gmail.com](mailto:loroma@gmail.com)

diacetoxyscirpenol, dioxinivalenol o vomitoxina y nivalenol), mismas que producen efectos tóxicos importantes en animales y humanos (Gimeno y Martins, 2006), por lo que representan un problema importante a nivel mundial.

### **Nayarit, aspectos geográficos y actividades productivas**

Nayarit se localiza en la región noroccidental de México (23°05'-20°36'N; 103°43'-105°46'O). Tiene un área de 27,815 km<sup>2</sup> (distribuidos en 20 municipios) que representa el 1.4 % de la superficie del país (INEGI, 2011a). Su territorio es accidentado y con marcados contrastes altitudinales, características que favorecen la existencia de una variedad geomorfológica, edafológica y climática (González *et al.*, 2009). Estas condiciones edafoclimáticas permiten el establecimiento de una diversidad de cultivos agrícolas, tanto cíclicos como perennes (Alejo-Santiago *et al.*, 2011), así como de actividades pecuarias y acuícolas (Aguirre-Ortega *et al.*, 2008; CONAPESCA, 2011).

La superficie agrícola de Nayarit es de 602,406 hectáreas. De éstas, según la disponibilidad de agua, el 81.6 % corresponden a cultivos de temporal y el 18.4 % a cultivos de riego. De acuerdo al volumen de producción de granos, los principales cultivos cíclicos son: maíz forrajero, sorgo, maíz grano, frijol y arroz; mientras que, en los perennes predomina el café. En lo que respecta a la actividad pecuaria, con base a la producción de carne, destacan: ganado bovino, aves de corral, ganado porcino y caprino (INEGI, 2011b). Por otro lado, según datos reportados por la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca en 2010, en Nayarit la tilapia representó la primera especie acuícola en importancia, con una producción de 7,048 toneladas en peso vivo, lo que ha colocado a Nayarit en el 5° lugar nacional en los últimos 10 años (CONAPESCA, 2011).

De esta manera, Nayarit se caracteriza por su vocación agropecuaria y acuícola. Sin embargo, la producción de estas actividades primarias, potencialmente es susceptible

a la contaminación por micotoxinas, debido a que las condiciones climáticas en la mayor parte de Nayarit (91 % de su superficie) son de tipo cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo con lluvias en verano; condiciones que ofrecen temperatura y humedad adecuada para el desarrollo de mohos (Cotty y Jaime-García, 2007; Morales-Valle, 2011).

### **Micotoxinas en Nayarit**

La presencia de micotoxinas en Nayarit, se puso de manifiesto, por primera vez, con un estudio realizado en muestras de maíz forrajero cosechado en 1999, obtenido en los 20 municipios de la entidad; así como en café verde producido entre 1998 y 1999, recolectado en 21 localidades de los municipios de Compostela, San Blas, Tepic y Xalisco.

En muestras de maíz forrajero se detectó la presencia de fumonisina B1 (FB<sub>1</sub>), toxina T-2 y ZEA. La FB<sub>1</sub> se encontró en el 100 % de las muestras analizadas, con una concentración promedio de 2,541±2,174 µg Kg<sup>-1</sup>; un 15 % de las muestras contenían ZEA, con una promedio de 1,610±375µg Kg<sup>-1</sup>; en tanto que la toxina T-2 se encontró sólo en un municipio, en una concentración de 7.1 µg Kg<sup>-1</sup>. No se observó la presencia de diacetoxyscirpenol en el 100 % de las muestras analizadas (Tabla 1). Cabe señalar, que el maíz forrajero en la entidad, aunque principalmente se usa para alimentación animal, en algunos casos, también se utiliza para consumo humano. No obstante la concentración promedio de FB<sub>1</sub> registrada en Nayarit, se encuentra dentro del rango de los valores establecidos por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) (2-4 ppm) para maíz destinado a la producción de tortillas o masa (FDA, 2001). La presencia de estas micotoxinas, pueden afectar la salud de los animales y de manera directa e indirecta poner en riesgo la salud humana en la entidad.

Por otra parte, en muestras de café verde obtenidas en cuatro municipios de la entidad, se detectó ocratoxina A (OTA) en el 66.7 % de las muestras analizadas con un

**Tabla 1.**  
**Micotoxinas en maíz forrajero de Nayarit ( $\mu\text{g Kg}^{-1}$ )**

Municipio	Fumonisina B <sub>1</sub>	Zearalenona	Toxina T-2	Diacetoxiscirpenol
Acaponeta	363	---	---	---
Ahuacatlán	866	2,041	---	---
Amatlán de Cañas	269	---	---	---
Bahía de Banderas	308	---	---	---
Compostela	5,603	1,429	---	---
El Nayar	985	---	---	---
Huajicori	5,388	---	---	---
Ixtlán del Río	1,273	---	---	---
Jala	1,160	---	---	---
La Yesca	5,125	---	---	---
Rosamorada	852	---	---	---
Ruíz	751	---	7.1	---
San Blas	1,338	---	---	---
San Pedro Lagunillas	5,700	---	---	---
Santa María del Oro	3,975	---	---	---
Santiago Ixcuintla	4,151	---	---	---
Tecuala	6,627	---	---	---
Tepic	2,511	---	---	---
Tuxpan	776	---	---	---
Xalisco	2,798	1,361	---	---

--- No detectado.

Fuente: Villalobos, 2000; Zavala, 2000; Robledo *et al.*, 2001.

promedio de  $30.1 \pm 16.1 \mu\text{g Kg}^{-1}$  (Tabla 2). Las concentraciones de OTA, resultaron ligeramente superiores a las obtenidas en muestras de café de países importantes por su producción cafetalera (Colombia, Brasil y Tanzania) (Studer-Rohr *et al.*, 1995).

La presencia de OTA en café crudo o verde, es tóxica para riñones y posiblemente cancerígena (grupo 2B) (IARC, 1993) y se ha visto que no se elimina con el proceso de torrefacción. La OTA es tan peligrosa, que expertos de la FAO han establecido un límite máximo tolerable para los humanos de 100 ppb a la semana. En 2004, la Unión Europea estableció límites máximos admisibles para la OTA de 5 ppb en el café tostado y molido y 10 ppb

en el café instantáneo. No se han establecido límites para el café verde (FAO, 2006). En la Segunda Conferencia Internacional sobre Micotoxinas (Goto, 1990), se propusieron límites tolerables para algunas micotoxinas como la OTA en granos. En Brasil el límite máximo admisible es de  $50 \mu\text{g Kg}^{-1}$ . Con respecto a México, no se ha establecido una normatividad para la OTA en granos de café verde.

La contaminación por micotoxinas en Nayarit, no es exclusiva de granos (maíz forrajero y café verde). También se sabe que los alimentos para uso pecuario y acuícola (piensos) pueden ser contaminados por estos metabolitos (Placinta *et al.*, 1999; Manning, 2010). Recientemente en Nayarit, se

**Tabla 2.**  
**Presencia de ocratoxina A en café verde de algunas localidades de Nayarit ( $\mu\text{g Kg}^{-1}$ )**

Municipio	Localidad	Ocratoxina A
Compostela	Altavista	---
	Cumbres de Huicicila	62.5
	La Lima	16.6
	Mazatán	50.0
	Mezcales	18.3
	Viscarra	36.7
San Blas	El Cora	---
	Jalcocotán	---
	La Yerba	---
	Mecatán	---
Tepic	Atonalisco	18.3
	Camichin de Jauja	60.0
	Francisco I. Madero "Puga"	16.6
	Venustiano Carranza	27.5
Xalisco	Adolfo López Mateos	20.6
	Carrizal	20.5
	Cuarenteño	25.0
	El Tepozal	---
	Malinal	30.0
	Palapitas	---
	Testerazo	18.3

--- No detectado.

Fuente: Verde, 1999; López, 2000; Robledo *et al.*, 2001.

llevó a cabo un estudio para determinar la presencia de AFs y fumonisinas, así como la presencia de mohos, en muestras de alimento utilizado en 10 granjas de peces, del género tilapia (*Oreochromis spp.*), de seis municipios (Tecuala, Santiago Ixcuintla, San Blas, Tepic, Santa María del Oro y Bahía de Banderas).

Los resultados mostraron que el 46.6 % de las muestras analizadas, resultaron positivas para fumonisinas, en concentraciones que van de 0.15 a 2.59 mg Kg<sup>-1</sup>. Mientras que en el 100 % de las muestras no se detectó AFs. En cuanto a la cuenta micológica, ésta estuvo compuesta principalmente por levaduras y colonias de mohos filamentosos, entre las que destacaron especies de *Mucorales*. Además, en un 6.7 % de muestras de un total de 30 recolectadas, se aislaron colonias con morfologías similares al género *Aspergillus spp.* y *Fusarium spp.* Este estudio resulta importante ya que es el primero en México, que revela la presencia

de micotoxinas en alimentos para peces y queda de manifiesto la necesidad de monitorear estos alimentos por la importancia cada vez mayor de la acuicultura en el país (Rodríguez-Cervantes *et al.*, 2012).

### Legislación Mexicana

Respecto a la legislación existente en México, relacionada con micotoxinas, sólo existen tres normas, en donde se establece el límite máximo de AFs en maíz para consumo humano (20  $\mu\text{g Kg}^{-1}$ ) y animal (de 21 a 300  $\mu\text{g Kg}^{-1}$ ) (NOM-188-SSA1-2002). Así mismo, para masa, tortillas, harinas y tostadas de maíz nixtamalizado, el nivel máximo de AFs es de 12  $\mu\text{g Kg}^{-1}$ , mientras que, para tortillas de trigo, tortillas integrales y harinas de trigo es de 20  $\mu\text{g Kg}^{-1}$  (NOM-187-SSA1/SCFI-2002). En cuanto a leche, productos y fórmulas lácteas, el nivel máximo permitido de AFM<sub>1</sub> es de 0.5  $\mu\text{g L}^{-1}$  (NOM-184-SSA1-2002). No existe aún legislación para

otras micotoxinas que ya han sido detectadas en otros alimentos para humanos y animales.

### Conclusión

Estos estudios ponen de manifiesto la problemática sobre la contaminación por micotoxinas y mohos en productos agroalimentarios de Nayarit. Por lo que este campo

debe ser prioritario desde el punto de vista de investigación y legislación, ya que es evidente la presencia de estos compuestos tóxicos, aún en pequeñas cantidades, en productos alimentarios no procesados e industrializados. Por otra parte, la ingesta diaria y constante de estos compuestos, a través de alimentos básicos, sin duda tiene un papel importante en la inducción o modulación de patologías en los animales y en el hombre.

### Literatura citada

- Aguirre-Ortega J, Hernández-Jiménez A, Bojórquez-Serrano I, Gómez-Danés A, Lemus-Flores C, Ramos-Quirarte A, *et al.* Efecto edáfoclimático en el desarrollo de módulos de agroforestería y silvopastoril en la Llanura Costera de Nayarit, México. *Zootecnia Tropical* 2008; 26(3): 309-313.
- Alejo-Santiago G, Bugarín-Montoya R, Ortiz-Catón M, Luna-Esquivel G, Jiménez-Meza V. Nutrición nitrogenada en cultivos importantes de Nayarit. *Revista Fuente* 2011; 6: 31-36.
- Bennett JW. Mycotoxins, mycotoxicoses, micotoxicology and micophatology. *Mycophatologia* 1987; 100: 3-5.
- Cabañes FJ. Micotoxinas emergentes. Introducción *Revista Iberoamericana de Micología* 2000; 17: S61-S62.
- CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2011. (consultado 2012 marzo 20). Disponible en: <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>. Acceso por última vez 20 de marzo de 2012.
- Cotty P, Jaime-García R. Influences of climate on aflatoxin producing fungi and aflatoxin contamination. *International Journal of Food Microbiology* 2007; 119: 109-115.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Micotoxinas de importancia mundial. {en internet} Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas 2006 (consultado 2012 junio 5). Disponible en: <http://www.fao.org/DO-CREP/005/Y1390S/y1390s04.htm>.
- FDA. Guidance for industry: Fumonisin levels in human foods and animal feeds. {en internet} Final Guidance 2001. (consultado 2012 junio 10). Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocument>.
- Gimeno A, Martins ML. Mycotoxins and Myotoxicosis in animals and humans. *Special Nutrients Inc. USA Eds.* 2006; 127.
- González-García Sancho A, Bojórquez-Serrano JI, Nájera-González O, García-Paredes JD, Madueño-Molina A, Flores-Vilchez F. Regionalización ecológica de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Investigaciones Geográficas* 2009; 69: 21-32.

- Goto T. Micotoxins: Current situation. *Food Reviews International* 1990; 6(2): 265-290.
- IARC. Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC). Ochratoxin A. {en internet} Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 1993 (consultado 2012 junio 10). Disponible en: <http://monographs.iarc.fr/>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011. Aguascalientes, Ags. México: INEGI, 2011a. 566.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Perspectivas estadísticas Nayarit. México: INEGI, 2011b. 89.
- López CRA. Identificación de Ocatroxina A en café de Nayarit (tesis de licenciatura). Tepic: Universidad Autónoma de Nayarit 2000.
- Manning BB. Mycotoxins in aquaculture feeds. Southern Regional Aquaculture Center 2010; Publication No. 5002.
- Morales-Valle H. Mohos productores de micotoxinas. En: Ramos AJ. Las micotoxinas y su efecto en la salud animal y humana. Madrid: A. Madrid Vicente Ediciones, 2011. 19-44.
- NOM-184-SSA1-2002. Norma Oficial Mexicana. Productos y Servicios. Leche, Fórmula Láctea y Producto Lácteo Combinado. Especificaciones Sanitarias. DOF 23 de octubre 2002.
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002. Norma Oficial Mexicana. Productos y Servicios. Masa, Tortillas, Tostadas y Harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones Sanitarias. Métodos de Prueba. DOF 18 de agosto 2003.
- NOM-188-SSA1-2002. Norma Oficial Mexicana. Productos y Servicios. Control de Aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones Sanitarias DOF 15 de octubre 2002.
- Pitt JI. What are mycotoxins? *Australian Mycotoxin Newsletter* 1996; 7(4): 1, 8.
- Placinta CM, D'Mello JPF, Macdonald AMC. A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology* 1999; 78: 21-37.
- Robledo ML, Marín S, Ramos JA. Contaminación natural con micotoxinas en maíz forrajero y granos de café verde en el estado de Nayarit (México). *Revista Iberoamericana de Micología* 2001; 18: 141-144.
- Rodríguez-Cervantes CH, Ramos AJ, Robledo-Marengo ML, Sanchis V, Marín S, Girón-Pérez MI. Determination of aflatoxin and fumonisin levels through ELISA and HPLC, on tilapia feed in Nayarit, Mexico. *Food and Agricultural Immunology* 2012; (en prensa) DOI: 10.1080/09540105.2012.684202.
- Sanchis V, Marín S, Ramos AJ. Factores determinantes en la producción de micotoxinas. En: Soriano del Castillo JM, eds. *Micotoxinas en alimentos*. España: Díaz de Santos, 2007: 63-68.
- Studer-Rohr I, Dietrich DR, Schlatter J, Schlatter C. The occurrence of ochratoxin A in coffee. *Food and Chemical Toxicology* 1995; 33(5): 341-55.

Verde CHR. Determinación de Ocratoxina A en granos de café verde del estado de Nayarit. (tesis de licenciatura). Tepic: Universidad Autónoma de Nayarit 1999.

Villalobos AM. Determinación de zearalenona en granos de maíz forrajero en el estado de Nayarit. (tesis de licenciatura). Tepic: Universidad Autónoma de Nayarit 2000.

Zavala VA. Determinación de Toxina T-2 de maíz forrajero en el estado de Nayarit. (tesis de licenciatura). Tepic: Universidad Autónoma de Nayarit 2000.