

ARTÍCULO ORIGINAL

## Evaluación de aflatoxina M<sub>1</sub> en leche orgánica producida en Tecpatán, Chiapas, México

R. Gutiérrez<sup>I</sup>, S. Vega<sup>I\*</sup>, J.J. Pérez<sup>I</sup>, J.L. Ruiz<sup>II</sup>, A. Yamazaki<sup>II</sup>, J.G. Rivera<sup>III</sup>, Georgina Urbán<sup>I</sup>, A. Escobar<sup>IV</sup>

<sup>I</sup>Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C.P. 04960. Coyoacán, México, D.F. Tel: 54837000, Ext: 3054;

Correo electrónico: reygut@correo.xoc.uam.mx. <sup>II</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas, México. <sup>III</sup>Departamento de Biología de la Reproducción. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad

Iztapalapa. Av. Sn. Rafael Atlixco No. 186. Col. Vicentina, C.P.09340. Iztapalapa, México D.F.;

<sup>IV</sup>Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Dirección de Salud y Producción Animal.

Departamento de Química-Farmacología. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

**RESUMEN:** Con la finalidad de demostrar la inocuidad de la leche orgánica producida en Tecpatán, Chiapas, México, se determinó la presencia de aflatoxina M<sub>1</sub> por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Los resultados mostraron que el 23.3 % de las muestras sobrepasó el límite máximo de residuo propuesto por la regulación mexicana de 0.5 µg kg<sup>-1</sup>, mientras el 62.7% sobrepasaba el valor de 0.05 µg kg<sup>-1</sup> de la UE. Los valores medios de aflatoxina M<sub>1</sub> encontrados en la leche durante las épocas de seca y lluvia fueron de 3.53 ± 0.55 µg kg<sup>-1</sup> y 0.17 ± 0.13 µg kg<sup>-1</sup> respectivamente. Los resultados corroboran que los productos orgánicos pueden estar expuestos a la presencia de contaminantes cuando no se cumplen las buenas prácticas agrícolas, afectando su inocuidad.

**Palabras clave:** aflatoxina M<sub>1</sub>, leche orgánica, México, HPLC.

---

### Evaluation of aflatoxin M<sub>1</sub> in organic milk produced in Tecpatan, Chiapas, Mexico

**ABSTRACT:** In order to demonstrate the safety of organic milk produced in Tecpatan, Chiapas, Mexico, we investigated the presence of aflatoxin M<sub>1</sub> by high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that 23.3% of the samples exceeded the maximum residue limit proposed by the Mexican regulation of 0.5 µg kg<sup>-1</sup>, while 62.7% exceeded the value of 0.05 µg kg<sup>-1</sup> of the EU. The mean values of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk during the dry and rainy seasons were 3.53 ± 0.55 µg kg<sup>-1</sup> and 0.17 ± 0.13 µg kg<sup>-1</sup> respectively. The results confirmed that organic products can be exposed to residues and contaminants when not in compliance with good agricultural practices, affecting their safety.

**Key words:** aflatoxin M<sub>1</sub>, organic milk, Mexico, HPLC.

---

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años la agricultura orgánica ha tenido una gran aceptación en países desarrollados, ya que el consumidor percibe que son mejores para la salud los productos agropecuarios de este tipo y ade-

más tiene un mejor sabor que los convencionales (1, 2). En México se ha desarrollado múltiples estrategias para la producción orgánica de diversos alimentos entre ellos la leche, actualmente en el municipio de Tecpatán en el estado de Chiapas, México, se producen 2 700 000 L (3).

---

\*Correspondencia autor: S. Vega. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C.P. 04960. Coyoacán, México, D.F. Correo electrónico: [svega@correo.xoc.uam.mx](mailto:svega@correo.xoc.uam.mx)

La producción de alimentos orgánicos no exige a los mismos que presenten contaminantes químicos a pesar de que se cumplan las buenas prácticas agrícolas (4), ya que no se han reportado diferencias fundamentales entre las enfermedades que se presentan en el ganado lechero en los sistemas de producciones orgánicas y convencionales con respecto a desórdenes metabólicos, mastitis y parasitosis (internas y externas) lo que conlleva a que los tratamientos con medicamentos son similares, pudiendo aparecer estos como residuales (5). Las investigaciones sobre los alimentos orgánicos han estado encaminadas a evaluar dos aspectos, uno relacionado con la salud y el segundo en comparar la presencia de los niveles de nutrientes, bacterias o contaminación en relación a los alimentos convencionales (6), donde los productos orgánicos de origen animal están menos estudiados que las frutas y verduras.

Entre los contaminantes que se han reportado en productos orgánicos están: plaguicidas, bifenilos policlorados, micotoxinas, metales pesados y medicamentos veterinarios entre otros (7-9). Entre las micotoxinas, la aflatoxina M<sub>1</sub> (AFM<sub>1</sub>) constituye el principal peligro de aparición en la leche orgánica, ya que los alimentos que consume el ganado lechero, puede estar contaminado con aflatoxina B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), donde la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha informado que el 25% de los granos empleado para el consumo humano y animal están contaminados con algún tipo de micotoxinas (10).

La AFM<sub>1</sub> al igual que la AFB<sub>1</sub> se ha incluido en la lista de los principales carcinógenos humanos por el efecto que estos provocan en la salud humana y animal (11), lo que ha conllevado a que organismos internacionales como la Unión Europea (EU) hayan establecido el límite máximo de residuos para la AFM<sub>1</sub> en leche y productos lácteos de 0.05 µg kg<sup>-1</sup> (12), mientras el Codex alimentarius y la Agencia de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos de Norteamérica (FDA) establecen el valor de 0.5 µg kg<sup>-1</sup> (13, 14), lo que este último se asumió por los organismos reguladores mexicanos (15).

Los primeros estudios realizados en México que determinaron AFM<sub>1</sub> en leche entera, pasteurizada y ultrapasteurizadas se realizaron en la década del 90 (16) y posteriormente entre el 2007-2009 se efectuaron otros trabajos en leche y derivados consumidos en la Ciudad de México, encontrándose alta incidencia de aflatoxina M<sub>1</sub> en las muestras analizadas (9, 17). Recientemente un estudio realizado en

Guadalajara en leche convencional de diferentes marcas encontraron que 18.6 % (25/134) de las muestras superaron el LMR establecido por la Unión Europea (0.05 µg/kg) (18).

No se conoce si la leche orgánica producida por los productores lecheros de Tecpatán, Chiapas presenta niveles de AFM<sub>1</sub>. El objetivo de este estudio fue determinar los niveles de AFM<sub>1</sub> en leche orgánica procedente del municipio de Tecpatán, Chiapas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El municipio de Tecpatán Chiapas se encuentra ubicado a 17°19'09'' latitud norte y 93°10'35'' longitud oeste, teniendo una altitud de 30 msnm, cuenta con un clima cálido, húmedo con lluvias todo el año, su temperatura media anual es de 25°C. La temporada de mayor precipitación pluvial es de junio a noviembre y las más calurosas es en mayo y junio. Las unidades de producción son de libre pastoreo y cuentan con ganado criollo (pardo suizo con cebuino), basando su alimentación con pastos nativos como insurgente, (*Brachiaria Brizantha Hochst*); cabezón, (*Pheleum alpinum*); mombasa, (*Panicum maximum Jacq.*); entre otros.

### Toma de muestras

Se analizaron un total de 48 muestras de leche, procedentes de tres unidades de producción y del tanque colector del municipio de Tecpatán, Chiapas durante el periodo comprendido de enero 2010 a enero del 2011. Todas las muestras se tomaron de acuerdo a las pautas establecidas en la Guía para el Muestreo de Leche y Productos Lácteos (19). La leche se transportó al laboratorio en frascos de vidrio color ámbar preservadas a 4°C dentro de una hielera hasta su análisis.

### Método de análisis

Las muestras de leche fueron purificadas en columnas de fase reversa según se establece en el método oficial de la AOAC (20) y posteriormente analizadas por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) con detector de fluorescencia (longitud de excitación y emisión de 365 y 425 nm respectivamente) y columna de fase reversa (Lichrocart100 C18 5µm 250x0.4 cm) previamente derivatizada con ácido trifluoroacético, la identificación y cuantificación se realizó a partir del estándar de referencia procedente de la firma comercial Sigma, los cromatogramas fueron registrados usando una interfase Perkin Elmer NCI 900 y procesados con el software TOTALCHROM (Versión 6.2) (9).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran las frecuencias de AFM<sub>1</sub> en leche por intervalos de concentración ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) producidas en diferentes unidades de producción en el municipio de Tecpatán Chiapas, encontrándose una alta incidencia de AFM<sub>1</sub>, el 23.3 % de las muestras sobrepasó el límite máximo de residuo propuesto por la regulación mexicana de  $0.5 \mu\text{g kg}^{-1}$ , mientras que el 62.7% sobrepasaba el valor de  $0.05 \mu\text{g kg}^{-1}$  de la UE.

En la Tabla 2 se muestran los resultados del estudio estacional donde las mayores concentraciones e incidencia de AFM<sub>1</sub> en leche aparecen en la época de seca ( $3.52 \pm 0.55 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) con relación a los meses de lluvia ( $0.17 \pm 0.13 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), aspecto que puede estar relacionado con dos factores: el primero con el nivel de producción de leche y el segundo a un consumo mayor de concentrado durante el ordeño al tener menor disponibilidad de forrajes.

Un estudio realizado en diferentes estados de Irán empleando dos sistemas de producción de leche (intensivo y extensivo) reportaron que ambos sistemas presentan valores medios de contaminación similares, sin embargo el efecto estacional mostró un efecto significativo en los sistemas de producción, donde los mayores contenidos de AFM<sub>1</sub> aparecen en la estación de invierno que corresponde con la época de seca (21).

Otros estudios apoyan la hipótesis que la mayor incidencia y concentración de AFM<sub>1</sub> aparecen cuando

existe menor disponibilidad de forrajes y se requiere un suplemento de granos durante el ordeño o al efecto de dilución al existir una menor producción de leche (22,23,24,25).

En un estudio realizado en leches procedentes del Altiplano Mexicano se encontró presencia de aflatoxina M<sub>1</sub> en el 59% de las muestras analizadas, donde las muestras de leche orgánicas presentaron el menor porcentaje de incidencia con respecto a las convencionales; sin embargo, se tuvieron las mayores concentraciones con una mediana de  $23.1 \mu\text{g kg}^{-1}$ , esto se explicaba por el factor de dilución a nivel del tanque colector, ya que los niveles de producción de leche orgánica son menores que las convencionales (9, 14). En este trabajo los valores de la mediana de las tres unidades productoras de leche oscilaron entre  $0.1-0.21 \mu\text{g kg}^{-1}$ , diez veces menores que los reportados por Pérez y colaboradores (9), esto puede deberse en primer lugar a los niveles de producción que pueden ser mayores que en los estudios anteriores o a una menor presencia de aflatoxina B1 en los alimentos.

En otro estudio realizado en el nordeste de Italia se encontró que el 49% de las muestras de leche orgánica estaban por encima del límite legal permitido por la Unión Europea ( $0.05 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), muy superior al 10% encontrado en la leches de vaquerías convencionales, donde las muestras orgánicas presentaron un valor promedio de  $35 \text{ ng kg}^{-1}$  con un intervalo de  $<5-93 \text{ ng kg}^{-1}$  y distribución bimodal que se explica mediante las dife-

**TABLA 1.** Frecuencia de ocurrencia de AFM<sub>1</sub> en leche orgánica por intervalo de concentración ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )./ *Frequency of AFM<sub>1</sub> occurrence in organic milk by concentration range ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )*

	$\mu\text{g kg}^{-1}$					% >LMR $0.5 \mu\text{g kg}^{-1}$
	0-0.05	0.051-0.49	0.50-1.99	2-10	>10	
Unidad 1	5	4	nd	1	1	18
Unidad 2	3	5	1	1	1	27
Unidad 3	2		5	1	1	30
Tanque colector	6	3	nd	1	1	18
Total	16	17	2	4	4	23.3

**TABLA 2.** Resultados de aflatoxina M<sub>1</sub> en leche orgánica en las épocas de seca y lluvia./ *Result of aflatoxin M<sub>1</sub> in organic milk in rain and dry seasons*

	Seca ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )				Lluvia ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )			
	Promedio	Mediana	ES	% Incidencia	Promedio	Mediana	ES	% Incidencia
Unidad 1	5.08	0.25	1.37	85.71	0.02	0.00	0.11	20.00
Unidad 2	2.77	0.27	0.90	71.43	0.15	0.08	0.24	60.00
Unidad 3	1.46	0.21	0.75	85.71	0.45	0.22	0.40	80.00
Tanque colector	4.81	0.36	1.39	57.14	0.08	0.00	0.21	20.00

rencias entre los productores donde la causa fundamental está relacionada con la presencia de AFB<sub>1</sub> en los alimentos (7). Los niveles encontrados de aflatoxina M<sub>1</sub> en el estudio de Italia fueron muy inferiores a lo que se reportó en este trabajo, esto puede ser debido a que los niveles de aflatoxinas en los alimentos están en concentraciones muy elevadas. Existen evidencias que la regiones de América de Norte y Centro América la concentraciones de aflatoxinas en granos son mayores a los reportados en los países de Europa, ya que las condiciones climáticas (humedad y temperatura) son más propicias en la región americana para el desarrollo de hongos toxigénicos, productores de aflatoxinas (26).

Los resultados encontrados alertan a los productores de Tecpatán a desarrollar sistemas de vigilancia en los alimentos que están consumiendo los animales y evaluar las condiciones de almacenamiento para que no sean favorables al desarrollo de hongos toxigénicos; por otra parte se corrobora que los productos orgánicos a pesar de que se cumplan con el proyecto de ley de productos orgánicos de México y los establecidos en las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos (27), no están exentos de contener contaminantes que afecte la inocuidad de los mismos.

## REFERENCIAS

1. Kouba M. Quality of organic animal products. *Livestock Production Science*. 2003;80(1-2):33-40.
2. Barrett H, Browne A, Harris P, Cadoret K. Organic certification and the UK market: organic imports from developing countries. *Food Policy*. 2002;27(4):301-318.
3. Ruiz-Rojas JL. Producción de Leche Orgánica en el Municipio de Tecpatán Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutierrez, Chiapas. 2008. 19pp.
4. Bourn D, Prescott J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2002;42(1):1-34.
5. Villavicencio JLE, Espinosa AP, Guerra D, González-Peña D. La ganadería orgánica: aspectos generales. *Ciencia y Tecnología Ganadera*. 2009;3(2):51-59.
6. Parra S. ¿Alimentos orgánicos? No son más sanos, aunque sí más caros. 2012 [updated 08 de septiembre de 2012 cited 2013 26 de febrero de 2013]; Available from: <http://www.xatakaciencia.com/salud/alimentos-organicos-no-son-mas-sanos-aunque-si-mas-caros>.
7. Ghidini S, Zanardi E, Battaglia A, Varisco G, Ferretti E, Campanini G, et al. Comparison of contaminant and residue levels in organic and conventional milk and meat products from Northern Italy. *Food Addit Contam*. 2005;22(1):9-14.
8. Malmauret L, Parent-Massin D, Hardy JL, Verger P. Contaminants in organic and conventional foodstuffs in France. *Food Addit Contamin*. 2002;19(6):524-352.
9. Pérez J, Gutiérrez R, Vega S, Díaz G, Urbán G, Coronado M, et al. Ocurrencia de aflatoxina M1 en leches crudas, ultrapasteurizada y orgánica producidas y comercializadas en el Altiplano Mexicano. *Rev Salud Anim*. 2008;30(2):103-109.
10. FAO. Micotoxinas. Organización de la Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura 2012; Fecha de revisión: 20 de octubre de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/inocuidad-y-calidad-de-los-alimentos/topical-issues/mycotoxins/es/>.
11. IARC. ARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans. International Agency for Research on Cancer. World Health Organization International Agency For Research On Cancer: ARCPress Lyon-France; 2002. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82.pdf>.
12. Reglamento (EU) No. 165/2010 de la COMISIÓN de 26 de febrero de 2010 que modifica, en lo que respecta a las aflatoxinas, el Reglamento (CE) no. 1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, 27.2.2010 (2010).
13. CODEX. Codex Alimentarius. General Standard for Contaminants and Toxins in Foods. Codex Standard 193-195. 2010; Annex IV-B (Rome: Food and Agriculture Organization and World Health Organization of the United Nations). (CODEX STAN 2005;193-195):p. 45.

14. Vega y León S, Gutiérrez R, Coronado M, Perez J, Ramírez A. Leche orgánica un propuesta para la ganadería sustentable. Realidades y posibilidades. En Producción sustentable calidad y leche organica. Eds: García L y Brunett L. Casa abierta al tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana. 2009. p. 57-84.
15. NOM. Norma Oficial Mexicana NOM-184-SSA1-2002. Productos y Servicios. Leche, Fórmula Láctea y Producto Lácteo Combinado. Especificaciones Sanitarias Prefacio. 2002.
16. Carvajal M, Bolanos A, Rojo F, Mendez I. Aflatoxin M1 in pasteurized and ultrapasteurized milk with different fat content in Mexico. *J Food Prot.* 2003;66(10):1885-1892.
17. Urbán G, Pérez J, Martínez F, Gutiérrez R, Vega S, Coronado M, et al. Aflatoxina M1 en leche y queso de cabra producidos en Apaseo El Grande, Guanajuato, México. *Rev Salud Anim.* 2010;32(2):84-88.
18. Landeros P, Noa M, López Y, González DG, Noa E, Real M, et al. Niveles de aflatoxina M1 en leche cruda y pasteurizada comercializada en la zona metropolitana de Guadalajara, México. *Rev Salud Anim.* 2012;34(1):40-45.
19. COFOCALEC. Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados AC. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Guía para el muestreo de leche y productos lácteos. NMX-F-718-COFOCALEC-2006 fuente <http://cofocalecorgmx/internaindustriasphp?tipo=0&id=11>. 2006.
20. AOAC. Cap 49 Natural Toxins. Method 986.16 Aflatoxins M1 y M2 in fluid milk. Liquid Chromatographic Method. En: Official Method of Analysis of AOAC International. 18th Edition. Eds: Willian Horwitz and George W. Latimer 2010; pp51-52.
21. Tajkarimi M, Shojaee Aliabadi F, Salah Nejad M, Pursoltani H, Motallebi AA, Mahdavi H. Aflatoxin M1 contamination in winter and summer milk in 14 states in Iran. *Food Control.* 2008;19:1033-1036.
22. Bognanno M, La Fauci L, Ritieni A, Tafuri A, De Lorenzo A, Micari P, et al. Survey of the occurrence of aflatoxin M1 in ovine milk by HPLC and its confirmation by MS. *Mol Nutr Food Res.* 2006;50(3):300-305.
23. Diaz GJ, Espitia E. Occurrence of aflatoxin M1 in retail milk samples from Bogota, Colombia. *Food Addit Contam.* 2006;23(8):811-815.
24. Nakajima M, Tabata S, Akiyama H, Itoh Y, Tanaka T, Sunagawa H, et al. Occurrence of aflatoxin M1 in domestic milk in Japan during the winter season. *Food Addit Contam.* 2004;21(5):472-478.
25. Tajkarimi M, Shojaee Aliabadi F, Salah Nejad M, Pursoltani H, Motallebi AA, Mahdavi H. Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk in five regions in Iran. *Int J Food Microbiol.* 2007;116(3):346-349.
26. Binder E, Tan L, Chin L, Handl J, Richard J. Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Anim Feed Sci Technol.* 2007;137(3-4):265-282.
27. Norma Oficial Mexicana (NOM). Especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos (1995).

Recibido: 24-10-2012.

Aceptado: 27-2-2013.