

Bienestar y Salud Social

Pedro César Cantú Martínez

Editor

Universidad Autónoma de Nuevo León

Primera edición, 2020

Cantú-Martínez, Pedro César (Editor)
Bienestar y Salud Social/ Pedro César Cantú-Martínez (Editor)
Primera edición, Monterrey, N.L.; Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad
de Ciencias Biológicas, 2020. 474 páginas. 16 cm x 21 cm
(Colección Tendencias)

ISBN: 978-607-27-1302-4

Rogelio G. Garza Rivera
Rector
Santos Guzmán López
Secretario General
Emilia E. Vázquez Farías
Secretaría Académica
Celso José Garza Acuña
Secretario de Extensión y Cultura
Antonio Ramos Revillas
Director de la Editorial Universitaria UANL

© Universidad Autónoma de Nuevo León
© Pedro César Cantú Martínez

Casa Universitaria del Libro
Padre Mier 909 Poniente esquina con Vallarta
Monterrey, N.L., México, C.P. 64440
Teléfono: (5281) 8329 4111 / Fax: (5281) 8329 4095
E-mail: editorial.uanl@uanl.mx
Página web: www.editorialuniversitaria.uanl.mx

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra -incluido el diseño
tipográfico y de portada-, sin el permiso por escrito del autor.

Impreso en Monterrey, México
Printed in Monterrey, Mexico



Capítulo 19. Exposición a las aflatoxinas M1 (AFM1) por leche y productos lácteos

*Patricia Amanda Quevedo Garza*¹

*Pedro César Cantú-Martínez*²

*Antonio José Trujillo Mesa*³

INTRODUCCIÓN

Desde el siglo VII a. de C. se conocen los efectos de la colonización por hongos en los cultivos y se han relacionado con brotes de enfermedades en humanos y animales con el consumo de los alimentos contaminados con micotoxinas (Gimeno y Martins, 2011). Las micotoxinas son metabolitos secundarios (no esenciales para su crecimiento) producidos por diferentes géneros y especies de hongos filamentosos, dentro de los cuales los principales son: *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp.

Los hongos toxigénicos producen uno o más de estos metabolitos secundarios tóxicos. Es bien sabido que no todos los hongos son toxigénicos y no todos los metabolitos secundarios de los hongos son tóxicos (Zain, 2011). Estos hongos colonizan y contaminan sustratos que son utilizados en la alimentación humana y animal, y se estima que el 25% de la producción mundial de cereales se

1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Salud Pública y Nutrición. Monterrey, N.L., México.

2. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, San Nicolás de los Garza, N.L., México.

3. Universitat Autònoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria. Barcelona, España.

encuentra contaminada con estas micotoxinas (Kumar et al, 2008). Desde 1960, con el advenimiento de la micotoxicología moderna, se han descrito entre 300 y 400 micotoxinas que se identifican en el mundo, pero los grupos que son de preocupación por sus implicaciones en la salud humana son las aflatoxinas, los tricotecenos (deoxinivalenol y nivalenol), la ocratoxina A, las fumonisinas y la zearalenona (Trucksess et al., 2006). Entre estos estudios se destacan los realizados en bebés, niños y adolescentes porque representan los principales grupos de riesgo y la población más vulnerable (Hernández-Martínez y Navarro-Blasco, 2010; Meucci et al., 2010; Rubert et al., 2012).

Es así, que en el presente manuscrito, se aborda la regulación y normativa sobre aflatoxinas, su presencia en leche y productos lácteos, pero de manera particular en leche materna y en formulaciones infantiles, por representar estas un riesgo para la salud, particularmente a la población infantil.

MARCO CONCEPTUAL: REGULACIÓN Y NORMATIVA

El nivel máximo permitido de AFM1 en leche líquida, deshidratada o producto lácteo, varía de un país a otro y depende, en gran medida, de consideraciones económicas (Stoloff et al., 1991). La legislación en la Unión Europea establece los niveles máximos admisibles en 0.05 microgramos/kg (0.05 ppb) para AFM1 en leche (leche cruda, leche para la fabricación de productos lácteos y leche tratada térmicamente). En el caso de preparados para lactantes, preparados de continuación (incluidas la leche para lactantes y la leche de continuación), y alimentos dietéticos destinados a usos médicos especiales dirigidos específicamente a los lactantes, la concentración máxima permitida de AFM1 es de 0.025 microgramos/kg (Gimeno, 2013).

En otros países (Australia, Holanda, Rumania, Suiza, Estados Unidos) las concentraciones máximas admitidas para la AFM1 en la leche y productos lácteos varían entre 0.01 y 0.5 microgramos/kg, dependiendo del país y del alimento lácteo. Es de destacar que en Suiza y Brasil, los alimentos lácteos para niños tiene un límite de contaminación con AFM1 de 0.01 microgramos/kg y que

en Australia y Estados Unidos la concentración máxima de AFM1 permitida en la leche es de 0.5 microgramos/kg. No hay legislación para la AFM1 en quesos ni mantequilla, sin embargo, Holanda tiene establecido un máximo de tolerancia de 0.2 y 0.02 microgramos/kg, respectivamente. Algunos países como Austria y Suiza tienen un límite de AFM1 para quesos de 0.25 microgramos/kg (Smith et al., 1994; CAST, 2003). La norma adoptada en EEUU para AFM1 en la leche, lo ha sido también para algunos países de la América Latina, entre ellos los que forman parte de MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) (GMC, 2002). Vemos pues, que en el caso de EEUU y otros países, el nivel de tolerancia para AFM1 en la leche es 10 veces superior al de la Unión Europea.

La regulación en países como Estados Unidos, Brasil y México, establece como máximo nivel aceptable para AFM1 en leche cruda, leche tratada térmicamente y producto lácteo, de no más de 0.5 microgramos/kg (Creppy, 2002; Secretaría de Salud, 2010; AN-VISA, 2011). Sin embargo, ni la regulación en Estados Unidos ni la norma oficial mexicana hacen mención específica a niveles aceptables de AFM1 para fórmulas infantiles ni para fórmulas de continuidad. Para las otras aflatoxinas, en países como Australia, Canadá, Colombia, Hungría, India, Japón, México, Cuba, Tailandia y Estados Unidos, también existen niveles máximos de tolerancia que oscilan entre 5 y 30 microgramos/kg para aflatoxinas B1 (AFB1) y para la suma de las cuatro aflatoxinas, dependiendo del país y del alimento en cuestión (frutos de cáscara y productos derivados, cacahuates, todos los géneros alimenticios), destacando a la India con el nivel de tolerancia más alto (30 microgramos AFB1/kg para todos los géneros alimenticios) y a México y Estados Unidos con el nivel de tolerancia más alto para la suma de las cuatro aflatoxinas (20 microgramos/kg en todos los géneros alimenticios) (Youssef y Marth, 1986; Unusan, 2006; Zinedine et al., 2007).

PRESENCIA DE AFM1 EN LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS

La AFM1 es un metabolito hidroxilado de la aflatoxina B1 (AFB1), que se puede encontrar en la leche de animales que son alimentados con piensos que contienen maíz u otros cereales con-

taminados con AFB1. Los productos de maíz y derivados, son los alimentos más contaminados, por lo tanto el análisis de los factores de riesgo de contaminación de AFB1 en maíz es necesario para evaluar el riesgo de contaminación con AFM1 en leche y productos lácteos (Prandini et al., 2009; Bilandzic et al., 2010; Chen y Zhng, 2011). La AFM1 puede ser detectada en leche y productos lácteos de 12 a 24 hrs. después de la primera ingestión de AFB1 (López et al., 2003). Algunos autores opinan que la AFM1 es relativamente estable durante los procesos de pasteurización y la preparación de varios productos lácteos (López et al., 2003; Fallah, 2010; Anfossi et al., 2012), mientras que otros autores comentan que durante el procesamiento y almacenaje, la AFM1 presente en la leche no es estable y homogénea (Kaniou-Grigoriadou et al., 2005).

Particularmente la AFM1 es estable en algunos quesos, yogures, leche pasteurizada, leche desnatada o entera y helados (Atasever et al., 2011; Elkak et al., 2012; Iha et al., 2013). En procesos de pasteurización lenta, pasteurización rápida y proceso de esterilización, la concentración de contaminación original de la leche cruda permanece prácticamente inalterada (Yousef y Marth, 1986; Unusan, 2006; Zinedine et al., 2007; Tabari et al., 2013). Teniendo en cuenta su estabilidad al calor, estas sustancias constituyen un riesgo potencial para la salud humana (Zinedine y Mañes, 2009; Fernandes et al., 2012).

El consumo de leche contaminada con AFM1 por los seres humanos, especialmente los recién nacidos y los niños, es de considerable interés (Alvito et al., 2010), especialmente cuando se considera que la AFM1 se excreta en la leche materna (Saad et al., 1995; Piekkola et al., 2012). Por lo tanto, la presencia de AFM1 en la leche y los productos lácteos pueden representar una amenaza para todos los niños que son considerados como los mayores consumidores de leche y productos lácteos (Kim et al., 2000).

Presencia en leche materna

La leche materna es la mejor fuente de nutrición para los bebés, ya que proporciona una serie de beneficios para el crecimiento, la inmunidad y el desarrollo (OMS, 2017). La observación de la presencia de una amplia gama de contaminantes en la leche

Tabla 1. Presencia de AFM1 en leche materna en distintas naciones

Nación	Total de muestras	% de muestras positivas	Referencia
Brasil	50	2.0	Navas et al. (2005)
Egipto	443	55.9	Polychronaki et al. (2007)
Italia	82	4.8	Galvano et al. (2008)
Irán	160	98.1	Sadeghi et al. (2009)
Turquía	73	24.6	Atasever et al. (2014)
Brasil	100	66.0	Iha et al. (2014)

Fuente: Elaboración propia

materna plantea importantes problemas de salud (Prado Flores, et al., 2002), aunque las consecuencias de dichas exposiciones sobre el desarrollo del bebé son poco conocidas. El seguimiento de la exposición infantil temprana y materna, y la identificación de patrones de exposición, es importante para un número de contaminantes altamente tóxicos que son potencialmente transferidos a la leche materna, incluyendo las aflatoxinas (ver Tabla 1).

Presencia en formulaciones infantiles

Con respecto a la presencia de AFM1 en las formulaciones infantiles, un estudio realizado en Teherán (Irán) por Oveisi et al. (2007), donde se analizaron 120 muestras de fórmula infantil, de las cuales 116 (96.6%) fueron positivas a la presencia de AFM1, con una media de 7.3 ng/kg ($\pm 3,9$), pero ninguna muestra excedió el límite establecido por el Códex Alimentarius (25 ng/kg). En otro estudio realizado en Grecia por Tsakiris et al. (2013), mostró que en 30 muestras de fórmula infantil analizadas, 46.5% tuvieron presencia de AFM1, pero ninguna de ellas por encima de niveles aceptables. Por otra parte, en Brasil, Iha et al. (2013), analizaron la incidencia y prevalencia de AFM1 en preparados para lactantes, sin encontrar presencia de la misma. Mientras en México Quevedo-

Tabla 2. Presencia de AFM1 en fórmula infantil en distintas naciones

Nación	Total de muestras	% de muestras positivas	Referencia
Corea	26	69.2	Fernández y Ferrer (2007)
Irán	120	96.6	Oveisi et al. (2007)
Brasil	7	0	Iha et al. (2013)
Grecia	30	46.5	Tsakiris et al. (2013)
México	55	11	Quevedo-Garza (2014)

Fuente: Elaboración propia

Garza (2014), señala que de 55 muestras analizadas de fórmulas infantiles de inicio y de continuidad, 11 de ellas (20%) mostraron la presencia de AFM1, con intervalo que fue desde 0.04 hasta 0.45 microgramos/L, y todas ellas por encima del valor máximo permitido por el Códex Alimentarius (0.025 microgramos/L) (ver Tabla 2).

CONCLUSIONES

Como se ha podido observar muchos estudios que se han realizado en los últimos años en distintos países del mundo manifiestan una incidencia de AFM1 en muestras de leches y productos lácteos. Esto toma especial relevancia cuando trasciende la presencia de AFM1 en leche materna y fórmulas infantiles, y deja en una alta vulnerabilidad al grupo de los recién nacidos, como también a los preescolares y escolares.

La preocupación en el mundo se cierne sobre la intoxicación de carácter crónica y sus efectos, ya que la dosis letal de consumo oral agudo es muy variado en distintos ensayos con modelos animales, no obstante los efectos carcinogénicos han sido plenamente demostrados, tanto en seres humanos como en animales.

Ante lo expuesto se ha constatado que subsisten lineamientos y regulaciones internacionales que delimitan los niveles aceptables de la presencia de AFM1 en los productos lácteos y leche. Sin embargo, es preciso fortalecer estas medidas de carácter

obligatorio, donde se contemple la frecuencia de consumo y el riesgo que conlleva para la población en general. Adicionalmente, es importante contar con una serie de procedimientos adecuados que posibiliten rastrear la transformación y cambio del producto durante todas sus etapas hasta llegar al consumidor, ya que esta problemática se ha constituido en un inconveniente de salud pública de orden internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvito, P.C., Sizoo, E.A., Almeida, C.M.M. & van Egmond, H.P. (2010). Occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in baby foods in Portugal. *Food Analytical Methods*, 3, 22-30.
- Anfossi, L., Baggiani, C., Giovannoli, C., D'Arco, G., Passini, C. & Giraudi, G. (2012). Occurrence of aflatoxin M1 in Italian cheese: Results of a survey conducted in 2010 and correlation with manufacturing, production season, milking animals, and maturation of cheese. *Food Control*, 25, 125-130.
- ANVISA (2011). Reglamento técnico sobre límites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
- Atasever, M.A., Atasever, A. & Ozturan, K. (2011). Aflatoxin M1 levels in retail yoghurt and ayran in Erzurum in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 35(1), 59-62.
- Atasever, M., Yildirim, Y., Atasever, M. & Tastekin, A. (2014). Assessment of aflatoxin M1 in maternal breast milk in Eastern Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 66, 147-149.
- Bilandžić, N., Varenina, I. & Solomun, B. (2010). Aflatoxin M1 in raw milk in Croatia. *Food Control*, 21, 1279-1281.
- Chen, J.G. & Zhang, S.W. (2011). Liver cancer epidemic in China: Past, present and future. *Seminars in Cancer Biology*, 21, 59-69.
- Council for Agricultural Science and Technology (CAST). (2003). *Mycotoxins: Risk in plant, animal and human systems*. Task Force Report 139. Ames, Iowa. USA.
- Creppy, E.E. (2002). Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters*, 127(1-3), 19-28.

- Elkak, A., El Atat, O., Habib, J. & Abbas, M. (2012). Occurrence of aflatoxin M1 in cheese processed and marketed in Lebanon. *Food Control*, 25, 140-143.
- Fallah, A.A. (2010). Assessment of aflatoxin M1 contamination in pasteurized and UHT milk marketed in central part of Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 988-991.
- Fernandes, A.M., Correa, B., Rosim, R.E., Kobashigawa, E. & Oliveira, C.A.F. (2012). Distribution and stability of aflatoxin M1 during processing and storage of Minas Frescal cheese. *Food Control*, 24(1-2), 104-108.
- Fernández, M. & Ferrer, E. (2007). Aflatoxina M1 En: J.M. Soriano del Castillo (Coord.) *Micotoxinas en alimentos*. (pp.185-199). España. Ed. Díaz Santos.
- Galvano, F., Pietri, A., Bertuzzi, T., Gagliardi, L., Ciotti, S., Luisi, S. et al. (2008). Maternal dietary habits and mycotoxin occurrence in human mature milk. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52, 496-501.
- Gimeno, A. (2013). Residuos de aflatoxina M1 en la leche y su impacto en la salud humana. III Congreso de Alimentación Animal: Seguridad Alimentaria y Producción de Alimentos. 3-4 de Diciembre 2013. Bilbao (País Vasco), España.
- Gimeno, A. & Martins, M.L. (2011). *Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos*. Miami. Special Nutrients, Inc.
- GMC (Grupo Mercado Común) (2002). Reglamento Técnico Mercosur Sobre Límites Máximos de Aflatoxinas Admisibles en Leche, Maíz y Maíz (Derogación de la Res. GMC N° 56/94). MERCOSUR/GMC/RES. No. 25/02.
- Hernández-Martínez, R. & Navarro-Blasco, I. (2010). Aflatoxin levels and exposure assessment of spanish infant cereals. *Food Addit. Contam. Part B Surveill*, 3(4),275-288.
- Iha, M., Baltazar, C., Akemi, I. & Trucksess, M. (2013). Aflatoxin M1 in milk and distribution and stability of aflatoxin M1 during production and storage of yoghurt and cheese. *Food Control*, 29, 1-6.
- Iha, M., Baltazar, C., Ribeiro, A. & Trucksess, M. (2014). Aflatoxin M1 and ochratoxin A human milk in Ribeirao Preto-SP, Brazil. *Food Control*, 40, 310-313.
- Kaniou-Grigoriadou, I., Eleftheriadou, A., Mouratidou, T. & Katikou, P.

- (2005). Determination of aflatoxin M1 in ewe's milk samples and the produced curd and Feta cheese. *Food Control*, 16, 257-261.
- Kim, E.K., Shon, D.H., Ryu, D., Park, J.W., Hwang, H.J. & Kim, Y.B. (2000). Occurrence of aflatoxin M1 in Korean dairy products determined by ELISA and HPLC. *Food Additives and Contaminants*, 17, 59-64.
- Kumar, V., Basu, M.S. & Rajendran, T.P. (2008). Mycotoxin research and mycoflora in some commercially important agricultural commodities. *Crop Protection*, 27, 891-905.
- López, C.E., Ramos, L.L., Ramadán, S.S. & Bulacio, L.C. (2003). Presence of aflatoxin M1 in milk for human consumption in Argentina. *Food Control*, 14, 31-34.
- Meucci, V., Razzuoli, E., Soldani, G. & Massart, F. (2010). Mycotoxin detection in infant formula milks in Italy. *Mycotoxin detection in infant formula milks in Italy. Food Additives and Contaminants*, 27 (1), 64-71.
- Navas, S.A., Sabino, M. & Rodríguez-Amaya, D.B. (2005). Aflatoxin M1 and ochratoxin A in a human milk bank in the city of São Paulo, Brazil, *Food Additives and Contaminants*, 22(5), 457-462,
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). 10 datos sobre la lactancia materna. [En línea] <http://www.who.int/features/factfiles/breastfeeding/es/>.
- Oveisi, M.R., Jannat, B., Sadeghi, N., Hajimahmoodi, M. & Nikzad, A. (2007). Presence of aflatoxin M1 in milk and infant milk products in Tehran, Iran. *Food Control*, 18, 1216-1218
- Piekkola, S., Turner, P. C., Abdel-Hamid, M., Ezzat, S., El-Daly, M., et al (2012). Characterisation of aflatoxin and deoxynivalenol exposure among pregnant Egyptian women. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 29, 962-71.
- Polychronaki, N., West, R.M., Turner, P.C., Amra, H., Abdel-Wahhab, M., Mykkanen, H. & El-Nezami, H. (2007). A longitudinal assessment of aflatoxin M1 excretion in breast milk of selected Egyptian mothers. *Food Chem. Toxicol.* 11, 1210-1215.
- Prado Flores, G., Carabias Martínez, R., Rodríguez Gonzalo, E. & Herrero Hernández, E. (2002). Presencia de residuos y contaminantes en leche humana. *Revista Española de Salud Pública*, 76(2), 121-132.

- Prandini, A., Tansini, G., Sigolo, S., Filippi, L., Laporta, M. & Piva, G. (2009). On occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 984-991.
- Quevedo-Garza, P.A. (2014). Ocurrencia y estimación de la exposición humana a aflatoxina M1 en muestras de leche procedentes de Monterrey (México). (Tesis Doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, España.
- Rubert, J., Soler, C. & Mañes, J. (2012). Application of an HPLC-MS/MS method for mycotoxin analysis in commercial baby foods. *Food Chemistry*, 133(1), 176-183.
- Saad, A.M., Abdelgadir, A.M. & Moss, M.O. (1995). Exposure of infants to aflatoxin M1 from mothers' breast milk in Abu Dhabi. *Food Additives and Contaminants*, 12, 255-261.
- Sadeghi, N., Oveisi, M.R., Jannat, B., Hajimahmoodi, M., Bonyan, H. & Jannat, F. (2009). Incidence of aflatoxin M1 in human breast milk in Tehran, Iran. *Food Control*, 20, 75-78.
- Secretaría de Salud (2010). NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. DOF México. Secretaría de Salud.
- Smith, J.E., Lewis, C.W. Anderson, J.G. & Solomons, G.L. (1994). Mycotoxins in Human Nutrition and Health. England. European Commission.
- Stoloff, L., Van Egmond, H.P. & Parks, D.L. (1991). Rationales for the establishment of limits and regulations for mycotoxins. *Food Additives and Contaminants*, 8(2), 213-222.
- Tabari, M., Tabari, K. & Tabari, O. (2013). Aflatoxin M1 determination in yoghurt produced in Guilan province of Iran using immunoaffinity column and high-performance liquid chromatography. *Toxicology and Industrial Health*, 29, 72-76.
- Trucksess, M., Weaver, C., Oles, C., D'Ovidio, K. & Rader, J. (2006). Determination of aflatoxins and ochratoxin A in ginseng and other botanical roots by immunoaffinity column cleanup and liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of AOAC International*, 89, 624-630.
- Tsakiris, I., Tzatzarakis, M., Alegakis, A., Vlachou, M. et al. (2013). Risk assessment scenarios of children's exposure to aflatoxin M1 residues in different milk types from the Greek market. *Food and*

- Chemical Toxicology, 56, 261-265.
- Unusan, N. (2006). Occurrence of aflatoxin M1 in UHT milk in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 1897–1900.
- Youssef, A.E. & Marth, E.H. (1986). Use of ultraviolet energy to degrade aflatoxin M1 in raw or heated milk with and without added peroxide. *Journal of Dairy Science*, 69 (9), 2243-2247.
- Zain, M. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15, 129-144.
- Zinedine, A., González-Osnaya, L., Soriano, J.M., Molto, J.C., Idrissi, L. & Mañes, J. (2007). Presence of Aflatoxin M1 in Pasteurized Milk from Morocco. *International Journal of Food Microbiology*, 114(1), 25-29.
- Zinedine, A. & Mañes, J. (2009). Occurrence and legislation of mycotoxins in food and feed from Morocco. *Food Control*, 20, 334–344.