

Determinación de aflatoxina M1 en hatos lecheros del Estado de México

Aflatoxin M1 determination in milk herds from Mexico State

VALLADARES-CARRANZA, Benjamín†*, VELAZQUEZ-ORDOÑEZ, Valente, ROSALES-EMETERIO, Juan D, ZARAGOZA-BASTIDA, Adrián' y RIVERO-PEREZ, Nallely'

Universidad Autónoma del Estado de México.
'Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

ID 1^{er} Autor: *Benjamín, Valladares-Carranza/ ORC ID: 0000-0003-0306-3560, Researcher ID Thomson: A-9966-2016, CVU CONACYT ID: 279979*

ID 1^{er} Coautor: *Valente, Velazquez-Ordoñez/ ORC ID: 0000-0001-9969-620,*

ID 2^{do} Coautor: *Juan D, Rosales-Emeterio*

ID 3^{er} Coautor: *Adrián, Zaragoza-Bastida/ ORC ID: 0000-0002-8537-5025, Researcher ID Thomson: S-6834-2018, CVU CONACYT ID: 295973*

ID 4^o Coautor: *Nallely, Rivero-Pérez/ ORC ID: 0000-0002-6154-9983 S-6837-2018, Researcher ID Thomson: S-6837-2018, CVU CONACYT ID: 210507*

DOI: 10.35429/JOTI.2019.9.3.1.8

Recibido 2 de Enero, 2019; Aceptado 4 de Marzo, 2019

Resumen

M1 (AFM1) en leche, se colectaron 84 muestras en diferentes unidades de producción lechera del Estado de México; y en diferentes temporadas (de secas y de lluvias). La determinación del analito se realizó a través de la prueba de ELISA, con el kit RIDASCREEN Aflatoxin M1®, y los resultados se expresan en forma descriptiva comparándose con valores de referencia. De las muestras analizadas, el 45% fueron positivas. Al establecer diferentes rangos de concentraciones, se observó a cuatro muestras con un nivel de $0.001 < 0.002$; cuarenta y dos en el rango de $0.003 > 0.044$; y, treinta y ocho en el rango de $0.50 > 0.080$. Al obtener 42 muestras por temporada, 37 (0.075 ± 0.010 ppt) fueron positivas a AFM1 en el periodo de Agosto a Febrero del 2017, mientras que de Marzo a Octubre del 2018, solo una muestra fue positiva (con un nivel de 0.060 ppt). La AFM1 presente en la leche es un factor de riesgo para los consumidores e incluso para el ganado, por lo cual las medidas en la producción y almacenamiento de forrajes y granos deben valorarse antes, durante y después de la alimentación del ganado.

Aflatoxina M1, Leche, ELISA

Resumen

Aiming to determine the presence of aflatoxin M1 (AFM1) in milk, 84 samples were collected in different milk production units from Mexico State; in different seasons (dry and rainy). The analyte was determined by ELISA test, with the RIDASCREEN Aflatoxin M1® kit, results were expressed descriptively and compared with reference values. From the analyzed samples, 45% were positive. When establishing different concentration ranges, four samples were observed with a level of $0.001 < 0.002$; forty-two in the range of $0.003 > 0.044$; and, thirty-eight in the range of $0.50 > 0.080$. When obtaining 42 samples per season, 37 (0.075 ± 0.010 ppt) were positive for AFM1 in the period from August to February 2017, while from March to October 2018, only one sample was positive (with a level of 0.060 ppt). The AFM1 present in milk is a risk factor for consumers and livestock as well, therefore, measures in the production and storage of fodder and grains should be assessed before, during and after feeding the cattle.

Aflatoxin M1, Milk, ELISA

Citación: VALLADARES-CARRANZA, Benjamín, VELAZQUEZ-ORDOÑEZ, Valente, ROSALES-EMETERIO, Juan D, ZARAGOZA-BASTIDA, Adrián y RIVERO-PEREZ, Nallely. Determinación de aflatoxina M1 en hatos lecheros del Estado de México. Revista de Invención Técnica 2019. 3-9:1-8

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: benvac2004@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las aflatoxinas pertenecen a un grupo de micotoxinas, producidas por hongos que contaminan a los cereales y frutos secos, que pueden provocar aflatoxicosis al consumir dichos alimentos con altas concentraciones de estas toxinas (Elika, 2013). La Food and Agriculture Organization (FAO) estima que más de un 25% de la producción de alimentos en el mundo está contaminada en un cierto grado con aflatoxinas (FAO, 1995).

En la Unión Europea, debido a la toxicidad de estos compuestos y con el fin de garantizar una protección eficaz de la salud pública, se ha establecido mediante el Reglamento (CE) No 1881/2006 contenidos para la aflatoxina B1 y la suma de aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en diversos alimentos, entre los que se incluyen aquellos en los cuales la contaminación por este tipo de toxinas resulta más frecuente y puede resultar más peligrosa para la salud humana de acuerdo a la Comunidad Europea en su Reglamento No 1881/2006 (CE, 2006).

Los mamíferos que ingieren dietas contaminadas con AFB1 excretan cantidades de AFM1 a través de la leche, presentándose en asociación con las fracciones proteicas de la leche, y de algunos derivados lácteos como el yogurt y queso (Shibamoto y Bjeldanes, 2009). En el ganado lechero se ha mencionado que 100 ppb de aflatoxinas pueden reducir la producción de leche (Paterson y Anderson, 1982). La Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) ha reportado a la AFB1 y AFM1, como compuestos carcinógenos para seres humanos. La presencia de AFM1 en la leche, constituye un riesgo para la población, particularmente para niños debido a la importancia de este producto en su alimentación, considerándolos los más susceptibles a sus efectos adversos, ya que su capacidad de biotransformación de los compuestos carcinógenos es generalmente más lenta que en adultos (López *et al.*, 2003).

La Unión Europea ha establecido el límite máximo de residuos (LMR) para la AFM1 de 0.05 µg/kg en leche fluida, mientras que en México las normas NMXF-700-COFOCALEC-2004 y NOM-243-SSA1-2010, para leche cruda y pasteurizada respectivamente, especifican el límite máximo de 0.5 µg/L (Codex Alimentarius, 2008).

En el ámbito mundial son múltiples los reportes sobre la presencia de aflatoxina M1 en leche y productos lácteos desde hace más de tres décadas, tema que no ha perdido su vigencia, si se considera que la inocuidad alimentaria constituye hoy la prioridad principal de muchos países y de organismos internacionales (Tajkarimi *et al.*, 2007).

En países de América Latina y el Caribe en la última década se ha reportado la presencia de aflatoxina M1 en leche y productos lácteos (quesos), algunos de ellos son Argentina, Brasil, Colombia, México y en Trinidad y Tobago. Con la mayor parte de los informes se evidenció una incidencia alta de aflatoxina M1 en muestras analizadas, pero con porcentajes bajos de muestras con niveles de concentración superiores al propuesto por la UE. En México se ha reportado la presencia de AFM1 en leche en polvo y fluida comercializada durante la década del 90 y más recientemente en el Estado de Hidalgo y en el Altiplano Mexicano, donde pone en evidencia que la presencia de aflatoxina M1 en leche es una problemática actual (Tajkarimi *et al.*, 2007).

La investigación en México con respecto a las micotoxinas, se ha enfocado principalmente en la presencia de AFB1 en cereales, especialmente el maíz, ya que es el cultivo más importante del país. Asimismo, se han realizado estudios sobre la situación de la leche en México con respecto a la presencia de AFB1 y su metabolito aflatósico. La presencia y niveles de AFM1 en la leche y productos lácteos en la leche cruda y con proceso térmico, se han analizado en zonas del país donde se producen principalmente estos productos, como los Estados de Jalisco, Guanajuato y Estado de México. Para determinar la exposición de la población a la AFM1, se determinó la ingesta diaria de AFM1 por consumo de leche contaminada, por grupos de edad (Pérez-Trejo *et al.*, 2003).

Estudios realizados en el Estado de Jalisco, México, mostraron contaminación por AFM1 en leche cruda en el 80% de las muestras, detectándose valores en un rango de 0.006 a 0.065 µg/L, con valores promedio de 0.023 µg/L. En Jalisco, que es el Estado de mayor producción de leche en México existe poca información sobre la concentración de AFM1 en leche cruda comercializadas en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México (Reyes *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue determinar la contaminación de la leche por aflatoxina M1 en unidades de producción lechera del Estado de México, que contribuya a evaluar las condiciones de contaminación del producto, para que finalmente puedan sugerirse y aplicarse medidas tendientes a disminuir dicho proceso.

Método

En el presente trabajo se utilizó la prueba de ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay), con el kit comercial de RIDASCREEN. Aflatoxin- Bhiopharm. Siguiendo las especificaciones del protocolo del fabricante. El fundamento del test corresponde a una reacción de antígeno-anticuerpo. Los pocillos fueron recubiertos con anticuerpos de captura contra anticuerpos de aflatoxina M1. Se agregaron estándares de aflatoxina M1 conjugando con enzima aflatoxina M1 y anticuerpos Anti-aflatoxina a los pocillos. La aflatoxina M1 libre y el conjugado aflatoxina M1 enzima compiten para unirse a sitios de anticuerpo anti-aflatoxina M1. Al mismo tiempo, los anticuerpos anti-aflatoxina M1 se unen a los anticuerpos de captura inmovilizados sobre la placa. El conjugado de la aflatoxina M1-enzima que no se unió se removió posteriormente en un proceso de lavado. El substrato/cromógeno se agregó a los pocillos y se incubó. El conjugado aflatoxina M1-enzima unido a los pocillos a través de los anticuerpos, convierte al cromógeno en una sustancia azul. La adición de la solución stop provoca un cambio de color azul a amarillo. La medición se realizó fotométricamente a 450 nm; la absorción es inversamente proporcional a la concentración de aflatoxina M1 en la muestra (R-biopharm. RIDASCREEN Aflatoxin M1®, 2016).

Preparación de las muestras. Las muestras se almacenaron en un lugar fresco y protegido de la luz. Las muestras de leche se centrifugaron para descremarlas: 10 min/3500 g/10 °C. Después del centrifugado cada una, se separa la capa superior de crema aspirando la misma con una pipeta de Pasteur. Se utilizaron 50 µl de la leche descremada por pocillo para su análisis en el test (R-biopharm. RIDASCREEN Aflatoxin M1®, 2016).

Procedimiento. Cada placa contiene (6 tiras, cada una de 8 pocillos separables) recubiertos con anticuerpos de captura; 5 Soluciones de estándares de 1,3 ml cada uno: 0 ppt (estándar cero), 250 ppt, 500 ppt, 1000 ppt y 2000 ppt de aflatoxina M1 en tampón de leche, listo para su uso. Un conjugado de 3 ml (tapón rojo) conjugado aflatoxina M1-peroxidasa listo para su uso. Con Anticuerpo anti-aflatoxina M1 con 3 ml (tapón negro), 1 solución de substrato/cromógeno de 10 ml (tapón marrón), y una solución stop 14 ml (tapón amarillo) que contiene una solución de ácido sulfúrico 1N. Todos los reactivos deben estar a temperatura ambiente (20 a 25°C) antes de ser utilizados. La reacción comienza con la adición del anticuerpo específico. Sin embargo, se recomienda no utilizar más de tres tiras por test si se trabaja con una pipeta mono-canal. Es posible analizar hasta 6 tiras al mismo tiempo utilizando una pipeta repetidora (multistep). Una vez utilizados todos los reactivos se colocaron a temperatura entre 2 a 8 °C (R-biopharm. RIDASCREEN Aflatoxin M1®, 2016).

Soluciones de estándares. Los estándares de aflatoxina M1 se encuentran listos para su uso. El factor de dilución de las muestras es 1 y por lo tanto la concentración de aflatoxinas M1 en la muestra puede ser leída directamente de la curva de estándares (R-biopharm. RIDASCREEN Aflatoxin M1®, 2016).

Procedimiento. Se deben colocar suficientes pocillos en el marco porta-pocillos para los estándares y para las muestras a analizar. Se marcó la posición de los estándares y de las muestras. Agregando 50 µl de los estándares y de las muestras a analizar a los pocillos correspondientes. Se utilizó una punta de pipeta nueva para cada estándar y para cada muestra. Agregando 50 µl del conjugado aflatoxina M1-enzima (tapón rojo) a los pocillos correspondientes. Colocando 50 µl de anticuerpo anti-aflatoxina M1 (tapón negro) a cada pocillo. Mezclado el contenido de la microplaca suavemente e incubado durante 10 minutos (+/- 1) a temperatura ambiente (20 a 25°C). Una vez vertidos los pocillos y golpear luego energéticamente (tres veces consecutivas) el marco porta pocillos sobre un papel absorbente limpio para asegurar la eliminación completa de restos de líquidos.

Se lavaron los pocillos (250 µl por pocillo) con agua destilada utilizando una pipeta-multicanal o una botella de lavado y vaciar nuevamente los pocillos de la forma ya indicada. Se repitió este paso dos veces más. Después se agregó 100 µl de sustrato/cromógeno (tapón marrón) a cada pocillo. Se mezcló el contenido de la micro placa suavemente e incubó 5 minutos (+/- 0,5) en la oscuridad a temperatura ambiente (20 -25°C). Se adicionaron 100 µl de la solución stop (tapón amarillo) a cada pocillo. Se mezcló el contenido de la micro-placa suavemente y se midió la absorción a 450 nm en el transcurso de los siguientes 10 minutos (R-biopharm. RIDASCREEN Aflatoxin M1®, 2016).

Interpretación de la prueba. La reacción de la prueba de ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) se basa en una reacción antígeno anticuerpo; por la preparación del kit comercial siguiendo la secuencia de su uso, la medición se realiza fotométricamente a 450 nm, en donde la absorción es inversamente proporcional a la concentración de aflatoxina M1 en la muestra (R-biopharm. RIDASCREEN Aflatoxin M1®, 2016).

Reporte de resultados. Para los datos obtenidos se utilizó estadística descriptiva (Cuadros y Figuras).

Resultados y Discusión

En el presente trabajo con la finalidad de determinar la presencia de aflatoxina M1 en leche de vacas en producción de diferentes tipos de unidades de producción lechera y en diferentes épocas del año (secas y lluvias), se obtuvo un 55% del total de las muestras como negativas a través de la prueba de ELISA.

En contraste la positividad determinada del 45% de las muestras evaluadas es de relevancia e indicativo para la calidad e inocuidad de la leche; que de acuerdo al nivel de referencia de la concentración para la aflatoxina M1 el nivel de positividad a este metabolito considerado en el Diario Oficial de la Federación en la Norma Oficial Mexicana 2010, de Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

Métodos de prueba; y de la Comunidad Económica Europea establecen una concentración de 0.050 ppt. Por lo que en base a la cinética y contaminación de la leche por este metabolito que ingresa por vía digestiva a todo organismo susceptible, es muy probable que los ingredientes que se utilizan para la alimentación del ganado, se encuentren contaminados por micotoxinas, de tal forma que se requiere que la elaboración y protección de cualquier alimento se realice de la manera correcta [durante la obtención (época adecuada), utilizando el material apropiado (para almacenamiento y estibamiento), y procesamiento para reducir al máximo o impedir la presencia de la AFM1.

La leche y sus subproductos son alimentos altamente perecederos. Altos estándares de calidad a lo largo de todo el procesamiento de la leche son necesarios para alcanzar o mantener la confianza del consumidor, y para hacer que ellos decidan comprar productos lácteos. La leche que deja la unidad de producción debe ser de la más alta calidad nutricional-inalterada y sin contaminar. Diferentes países aplican distintos estándares para calidad de la leche. Generalmente, la exigencia de las regulaciones es proporcional a la disponibilidad de productos lácteos (y otros alimentos). Tres consideraciones generales se encuentran presentes: seguridad, valor nutritivo y consideraciones estéticas, este último rasgo es deseable pero no esencial (Valladares *et al.*, 2015).

En Portugal durante el año de 1999 fueron analizadas 101 muestras de leche líquida, de las cuales, 31 eran leche cruda y de 70 leche comercial, (18 muestras de leche entera, 22 de semidescremada, y 30 de leche descremada). La incidencia de contaminación con AFM1 fue de 80.6% para leche cruda con rangos < 0.005 ppb (el 19.4%), 0.005-0.010 ppb (el 54.8%), 0.011-0.020 ppb (el 6.5%) y entre 0.021 y 0.05 ppb (el 19.3%). Para leche procesada, el 14.28% de las muestras presentaron contaminaciones inferiores a 0.005 ppb. Rangos de contaminación comprendidos entre 0.005 y 0.010 ppb fueron encontrados para un 12.85% de las muestras. Un 35.7% tenían niveles de contaminación entre 0.011 y 0.020 ppb. El 34.28% de las muestras presentaban contaminaciones entre 0.021 y 0.050 ppb y solo un 2.85% tenían contaminaciones correspondientes a 0.059 y 0.061 ppb.

El reparto porcentual de contaminación fue de 94.4% para leche entera, 90.9% para semidescremada y 76.7% para leche descremada (Martins y Martins, 2000).

Al establecer diferentes rangos de concentraciones, se observó: con un nivel de $0.001 < 0.002$ se ubicaron 4 muestras; en el rango de $0.003 > 0.044$ fueron 42 muestras; y en el rango de $0.050 > 0.080$ 38 muestras (Tabla 1). Resulta relevante que los niveles traza detectados en el estudio sean indicativos de alguna fuente de contaminación por micotoxinas para los alimentos que consumen los animales productores de leche, de los cuales de acuerdo a las épocas de obtención de las muestras pueden ser representativos de la influencia de factores como el tipo de alimento, forma de preparación, tiempo de almacenaje, temperatura relativa y porcentaje de humedad de granos y forrajes (Peña *et al.*, 2015).

Rangos de concentración	Número	Porcentaje	Promedio y D.S.
$0.001 < 0.002$	4	5%	0.001
$0.003 > 0.044$	42	50%	0.044 ± 0.007
$0.050 > 0.080$	38	45%	0.075 ± 0.010
Total	84	100%	

Tabla 1 Rangos de concentración de aflatoxina M1 en leche de bovinos de unidades de producción del Estado de México

En ocasiones las concentraciones encontradas de micotoxinas no provocan una intoxicación aguda, sin embargo, concentraciones inferiores a la dosis letal traen el inconveniente de no poder alcanzar rendimientos óptimos en los diferentes índices productivos debido a: Rechazo del alimento; disminución de la tasa de crecimiento; efectos negativos sobre la reproducción; reducción de la función inmunológica; y contaminación de alimentos y otros productos de origen animal. Todas las especies de animales domésticos resultan sensibles a las aflatoxinas, solo que unas más que otras; así por ejemplo los patos, pavipollos, cerdos hasta en peso vivo de 50 kg, los terneros hasta el tercer mes de vida y los perros son de las especies más susceptibles, a las que siguen en orden descendente gansos, faisanes jóvenes y los pollos (Bueno *et al.*, 2001; Vilar *et al.*, 2003).

Estudios realizados por Kim *et al.*, (2007), señalan que en la evaluación de 108 muestras de leche pasteurizada para los niños, leche en polvo y yogurt recogidas de Seúl y Corea, las incidencias de contaminación con aflatoxina M1 fueron de 76, 75 y 83% respectivamente, con una concentración media de 0.018; 0.046; 0.0200 a 0.029 ppb

En muchos casos es importante la verificación y evaluación continua de los diferentes ingredientes utilizados en la dieta de las diferentes especies animales e incluso en los que se consumen en la dieta humana; en estudio realizado por Peña *et al.*, (2015) determinaron que en un alimento no necesariamente se puede observar macroscópicamente el contenido de micotoxinas; ya que al evaluar en contenido de diferentes maíces que se cultivan en México, determinaron una alta positividad a micotoxinas del tipo G1, G2 y B1, por lo cual es imperante el valorar todos aquellos lotes de alimentos o ingredientes que puedan ser sospechosos o de interés para los productores, con la finalidad de prevenir pérdidas por el deceso o el mal desempeño productivo de las diferentes especies animales.

El efecto de las micotoxinas puede ser muy variable desde el curso o cuadro clínico; sin embargo el efecto más severo es cuando externamente no ocasiona signos clínicos evidentes o estos son imperceptibles (Valladares *et al.*, 2017).

De acuerdo al periodo de muestreo y obtención de las muestras de leche, en las que se obtuvieron 42 muestras por temporadas de secas y lluvias, el mayor número de muestras positivas a aflatoxina M1 ocurrió en el periodo comprendido de Agosto a Febrero del 2017, con 37 muestras (0.075 ± 0.010 ppt), mientras que en el periodo de Marzo hasta Octubre del 2018, se obtuvo solo una muestra positiva (con un nivel de 0.060 ppt) (Tabla 2); condición que puede atribuirse a la caída de lluvias, entre otros cambios climatológicos que han sido los que pueden predisponer a la acumulación de humedad en forrajes y granos; para considerarlo un factor de riesgo en la contaminación alimentaria (Gimeno, 2007).

En el estudio realizado por Montaña *et al.*, (2007) al valorar la contaminación por aflatoxina M1 en 20 muestras de leche de diferentes regiones de Bolivia, tanto en época húmeda (abril-mayo) y época seca (agosto-septiembre); 5 fueron positivas con niveles de concentración por encima del límite permisible 0.05 ppb; de las muestras colectadas durante la época húmeda los valores detectados, fueron de 0.18, 0.12, 0.089, 0.077 ppb, mientras que en época seca en una muestra se obtuvo 0.05 ppb; atribuyendo dichos valores al pH y humedad relativa de los alimentos empleados para el ganado.

Rangos de concentración	Temporada de lluvias		Temporada de secas			Prom. y D.S.
	Núm. m.	%	Pro m. y D.S.	Núm. m.	%	
0.001<0.002	4	10%	0.001 ± 0	0	0	0 ± 0
0.003>0.04	37	88%	0.018 ± 0.006	5	12%	0.028 ± 0.014
0.050>0.080	1	2%	0.060 ± 0	37	88%	0.075 ± 0.010
Total	42	100%		42	100%	

Tabla 2 Comportamiento de la presencia de aflatoxina M1 en leche de vacas en diferentes épocas, del Estado de México

De tal forma que, considerando que en la temporada de secas se utiliza a los ensilados para la alimentación del ganado, y este a su vez puede tener una mala preparación y condiciones favorables de crecimiento de hongos (*Aspergillus*, *Penicilium* y *Fusobacterium*) productores de micotoxinas, existe la cualidad de estos mismos para dispersarse y contaminar en su totalidad a los alimentos, sobre todo aquellos que contienen sustratos apropiados para su crecimiento. Se ha demostrado que el silo es un alimento que al contener granos de maíz (con humedad importante) resulta ideal y necesario para la presencia de contaminantes como el caso de las micotoxinas (Torres y Díaz, 2011).

El proceso de ensilaje puede ser un proceso de riesgo para la formación de aflatoxinas, ya que en condiciones desfavorables y previa utilización de ácido fórmico como antifúngico del grano, se han observado concentraciones de aflatoxina B1 en el ensilado resultante > 400 µg/Kg (Rojas y Wilches, 2009; Torres y Díaz, 2011).

En vacas lecheras el consumo de pienso contaminado con aflatoxina B1 no solo reduce el rendimiento en la producción lechera y afecta a la salud del animal sino que también conduce al riesgo de la contaminación de la leche con aflatoxina M1. Aunque de una forma muy orientativa se establece que los residuos de aflatoxina M1 que pueden aparecer en la leche representan de 1 a 2% (1.7% de media) del nivel de aflatoxina B1 en la dieta (Escobar y Sánchez, 2002; Sánchez, 1996).

Debido a los riesgos de contaminación de la leche con residuos de aflatoxina M1, se pueden tolerar como máximo niveles de 25 partes por billón (ppb) en raciones para vacas lecheras. Aunque las reglamentaciones de la Comunidad Europea (CE) son más exigentes en animales de producción lechera, tolerando como máximo 5 ppb. Estas reglamentaciones toleran en alimentos completos y alimentos complementares (con 12% de humedad) para bovinos, ovinos y caprinos (excepto los destinados a ganado lechero), un máximo de 50 ppb y en terneros y ovinos, un máximo de 10 ppb de aflatoxina B1. Fuera de estas normas, el vacuno de reposición puede tolerar entre 50 y 100 ppb de aflatoxina B1 en el alimento (Escobar y Sánchez, 2002).

A pesar de ser difícil el establecer un nivel máximo tolerable para esta micotoxina en vacas lecheras, los datos y las observaciones a nivel de campo de que se dispone permiten sugerir que la concentración de zearalenona máxima tolerable no debe exceder las 250 ppb en la ración final (Haudn, 1999).

Respecto a la vomitoxina, la presencia de ésta en concentraciones superiores a 300 ppb en la ración, puede provocar una reducción del consumo de pienso, baja en la producción lechera, un aumento significativo en el recuento de células somáticas y una también significativa reducción de la eficiencia reproductiva.

Parece ser que la baja en la producción lechera por causa de esta micotoxina puede ser del orden de 12.5 litros/vaca/día, cuando los niveles de contaminación resultan ser de 500 ppb o más en la ración (Prudent, 2002). En vacas lecheras, la presencia de toxina T-2 puede estar relacionada con el rechazo del alimento, pérdidas productivas, gastroenteritis, hemorragias intestinales y muerte. La toxina T-2 está asociada con una marcada reducción de la respuesta inmunitaria en terneros. Los niveles de tolerancia para esta micotoxina en vacuno de leche no están bien establecidos, sin embargo y como una recomendación práctica el máximo tolerable no debe exceder en 100 ppb en la dieta total. En cuanto a fumonisina B1 las concentraciones de micotoxina que pueden provocar problemas son muy elevadas situándose en las 50.000 ppb. En bovinos de carne la aflatoxina B1 puede provocar una substancial reducción del consumo de alimento, ganancia de peso vivo y tasa de crecimiento. Los terneros son normalmente más sensibles que los animales adultos. En terneros se han observado casos de prolapsos rectales y en animales adultos, casos graves de hepatotoxicosis y en general problemas de inmunosupresión. Las concentraciones de aflatoxina B1 máximas tolerables son bastante exigentes y además muy bien detalladas según la fase de la vida del animal. Sin embargo y en general las reglamentaciones de la CE son más rigurosas (Prudent, 2002). Sin duda, el cambio climático en la actualidad tiene consecuencias significativas para todo el ambiente; si para la producción de alimentos el cambio de temperaturas, precipitación pluvial, calidad del aire y el agua repercuten sobre la calidad y cantidad de los alimentos, la agricultura y los ecosistemas, lo cual ha estado aquejando a todas las poblaciones en general (AEMA, 2008). En el mundo, más de 6 000 millones de personas consumen leche y sus derivados, y los habitantes de países en desarrollo son los principales consumidores, por lo cual como alimento debe ser de la más alta calidad nutricional, inalterada y sin contaminantes (Valladares *et al.*, 2015).

Conclusiones

Treinta y ocho (45 %) de las muestras evaluadas para detección de aflatoxina M1 fueron positivas. La presencia de aflatoxina M1 en unidades de producción del Estado de México puede estar influenciada por la alimentación (contaminado por aflatoxinas) del ganado.

El mayor porcentaje de positividad fue en temporada de secas con un 88%. En los hatos lecheros del Estado de México, la presencia de AFM1 en temporada de secas puede estar influenciada por el consumo de silos contaminados. El 55% de las muestras aunque presentan valores negativos o traza requieren seguimiento y valoración de la calidad de la leche.

Referencias

- AEMA (Agencia Española de Medio Ambiente)(2008). El Medio Ambiente en Europa, estado y perspectivas. España. pp. 124-146.
- Bueno D.J., Salvano M., Silva J.O., González S.N., Oliver, G. (2001). Micotoxins: Diagnosis and Prevention in Poultry. Boletín micológico. 16:23-36.
- Codex Alimentarius (2008). Codex General Standard for contaminants and toxins in food and feed. Codex Stan. 193-195.pp: 9. http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf (5 Julio de 2019).
- CE (Comunidad Europea)(2006). Reglamento No 1881/2006. De la comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios
- Elika (2013). Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. Sustancias indeseables en la alimentación animal. aflatoxina B1 (1): pp.1-5.
- FAO (1995). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Alimentación y nutrición. Manual para el control de calidad de los alimentos. 10: Capacitación en análisis de micotoxinas. pp. 144.
- Gimeno A. (2007). Aflatoxicosis en Humanos Provocada por el Consumo de Alimentos Contaminados, que no son de Origen Animal. <http://www.engormix.com/MAicotoxinas/articulos/aflatoxicosis-humanos-provocada-consumo-t1662/p0.htm> (13 de Mayo de 2019).
- Haudn C.J. (1999). Handling Moved and Micotoxin in Tropical condition in: Feed Tech, vol. 5, No. 5, pp. 23-26.

- Kim H.J., Chun H.S., Ok H.E., Hwang J.B., Chung D.H. (2007). Determination of aflatoxin levels in nuts and their products consumed in South Korea. *Food Chemistry*. 102(1):385-391.
- Lopez C., Ramos L., Ramadán S., Bulacio L. (2003). Presence of aflatoxin M1 in milk for human consumption in Argentina. *Food Control*, 14:31-34.
- Martins M.L., Martins H.M. (2000). "Aflatoxin M1 in raw and ultra high temperature-treated milk commercialized". *Food Additives and Contaminants*, 17: 871-874.
- Montaño P.V., Chirinno M., Gemio R. (2007). Estudio toxicológico de presencia de aflatoxina M1 en leche bovina recolectada del municipio de Achaca-chi. *Rev Biol Quim.*, 24: 90-94.
- Paterson D.S.P., Anderson P.H. (1982). Recent Aflotoxin feeding experiments in cattle. *Veterinary Record*, 110(3):60-61.
- Pérez-Trejo J.A., Navarro-Estrella M., Duque-López M.X. (2003). Factores que influyen en el abandono temprano de la lactancia por mujeres trabajadoras. *Salud pública de México*. 45: 276-284.
- Peña B.S., Valladares C.B., Posadas M.E. (2015). Estimation of Mycotoxin Multiple Contamination in Mexican Hybrid Seed Maize by HPLC-MS/MS. *Agricultural Sciences*, 6:1089-1097.
doi: 10.4236/as.2015.69104.
- Prudent A. (2002). Problemas con micotoxinas en ganado lechero. http://www.e-cooprinsem.cl/softagri/Cooprinforma64/Articulo_2_3.htm (20 de Diciembre de 2018).
- Reyes W., Patricio S., Isaias V., Nathal M., de Lucas E., Rojo F. (2009). Aflatoxinas Totales en Raciones de Bovinos y AFM1 en Leche Cruda Obtenida en Establos de Jalisco, México. *Tec. Pec. Mex.* 47(2):223-230.
- Rojas C.O., Wilches F.A. (2009). Determinación de aflatoxinas en alimentos de mayor consumo infantil comercializados en la ciudad de Pamplona, Norte de Santander. *Revista de la Facultad de Ciencias Basicas*, 7: 23-33.
- R-biopharm. RIDASCREEN Aflatoxin M1® (2016). Aflatoxin M1. Manual del kit. R-biopharm AG. Dasmstadt, Germany. Art. No.: R5812.
- Sánchez R.O. (1996). Micotoxinas y micotoxicosis en Cuba. *Perspectiva Latinoamericana*. pp. 132-140.
- Shibamoto T., Bjeldanes, LF. (2009). *Introduction to Food Toxicology*. 2ª ed. Burlington: Academic Press.
- Tajkarimi M., Shojaee Aliabadi F., Salah Nejad M., Pursoltani H., Motallebi A.A., Mahdavi H. (2007). Seasonal study of aflatoxin M₁ contamination in milk in five regions in Iran. *Int J Food Microbiol.* 116 (3):346-349.
- Torres F.S., Diaz L.H. (2011). Micotoxinas en la alimentación animal. <http://comunidad.uach.mx/fsalvado/micotoxinas.html> (14 de Junio de 2019).
- Valladares C.B., Velázquez O.V., Alonso F.M.U., Ortega S.C., Zamora E.J.L., Fuentes R.E., Peña B.S.D. (2015). Antibióticos como contaminantes de la leche. En Velázquez O.V., Castañeda V.H., Wolter W., Svarc Gajic J., Bedolla C.C., Guerra L.J.E. Ed. *Producción y calidad de la leche*. Universidad Autónoma de Sinaloa – Juan Pablos Editor, México. pp. 413-427.
- Valladares-Carranza B., Velázquez-Ordoñez V., Ortega-Santana C. (2017). Presencia de micotoxinas en la leche. Aspectos a considerar para una producción sustentable. En: Brunett Perez L, *et al.*, Ed. *Sustentabilidad agropecuaria. Experiencias de investigación para el desarrollo agropecuario, forestal y rural*. UAEM- Colofon S.A. de C.V. ISBN:978-607-8563-01-2.
- Vilar E.A., Bastos S.T., Melo R.G., Stamford T.L. (2003). Micotoxins in poultry products. *Higiene Alimentaria*. 17:17-32.