

Detección de aflatoxina M₁ en muestras de leche cruda de vacas en tanques de enfriamiento en Boyacá (Colombia)

L. E. Tarazona-Manrique¹, R. J. Andrade-Becerra^{1*}, J. C. Vargas-Abella¹

Artículo recibido: 4 de mayo de 2020 · Aprobado: 15 de noviembre de 2020

RESUMEN

Una de las principales formas de contaminación de la leche con micotoxinas es el consumo de alimentos fermentados que se encuentran contaminados con mohos principalmente de *Aspergillus* spp., los cuales producen toxinas que pueden llegar a constituirse como un problema para la salud pública debido a su estabilidad térmica y química. El objetivo del presente trabajo fue detectar las concentraciones de aflatoxina M₁ en muestras de leche de vacas en tanques de enfriamiento en cuatro municipios del departamento de Boyacá durante un año, determinando las variaciones de acuerdo con la temporada. Se realizó un estudio de corte longitudinal, descriptivo cuantitativo. Se seleccionaron aleatoriamente cuatro tanques de enfriamiento de cuatro municipios distintos del departamento; cada uno se muestreó dos veces al mes durante todo el período de estudio y se procesaron mediante metodología Charm Ez Lite[®]. Se realizó un ANDEVA para determinar las diferencias estadísticas entre las concentraciones de la aflatoxina M₁ por cada trimestre. Se determinaron diferencias estadísticas entre cada uno de los trimestres del estudio encontrando un porcentaje de positividad de 74,06% del total de muestras positivas en los trimestres de verano. 28,12% (108) de las muestras tomadas durante todo el estudio fueron positivas, con concentraciones de la toxina que oscilaron entre 0,5 y 2,0 µg/Kg de leche. Se determinó por primera vez en el departamento de Boyacá las concentraciones y variaciones estacionales de aflatoxina M₁ en muestras de tanques de enfriamiento de leche, encontrando las mayores concentraciones y número de casos positivos de aflatoxina M₁ en los meses de verano.

Palabras clave: charm, leche, aflatoxina M₁, salud pública.

Detection of aflatoxin M₁ in raw cow milk samples in cooling tanks in Boyacá (Colombia)

ABSTRACT

One of the main forms of contamination of milk with mycotoxins is the consumption of fermented foods that are contaminated with mold, mainly *Aspergillus* spp, which produce toxins that can become a public health problem due to their thermal and chemical stability. The objective of the present work was to detect aflatoxin M₁ concentrations

¹ Grupo de Investigación en Salud y Producción Animal del Trópico alto Colombiano-GIPATRA-COL, Laboratorio de Análisis de la Calidad de Leche y Control de Mastitis, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

* Autor para correspondencia: roy.andrade@uptc.edu.co

in cows' milk samples in cooling tanks in four municipalities of the department of Boyacá for one year, determining the variations according to the season. A longitudinal, quantitative descriptive study was carried out, four cooling tanks from four different municipalities in the department were randomly selected, each tank, in each municipality, was sampled twice a month throughout the study period and processed using Charm methodology Ez Lite®, an ANDEVA was performed to determine the statistical differences between aflatoxin M₁ concentrations for each quarter. Statistical differences were determined between each of the quarters of the study, finding a positivity percentage of 74.06% of the total positive samples in the summer quarters. 28.12% (108) of the samples taken throughout the study were positive, with toxin concentrations ranging between 0.5 and 2.0 µg/Kg of milk. Seasonal concentrations and variations of aflatoxin M₁ in milk cooling tank samples were determined for the first time in the department of Boyacá, finding the highest concentrations and number of positive cases of aflatoxin M₁ in the summer months.

Key words: charm, milk, aflatoxin M₁, public health.

INTRODUCCIÓN

En el año 2019 Colombia acopió poco más de tres millones de litros de leche, de los cuales Boyacá produjo 231.275 litros, lo cual corresponde al 7.3% del total nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2020). En el país, la leche es principalmente almacenada en tanques de enfriamiento hasta su posterior transporte a través de camiones recolectores que las dirigen hasta las plantas procesadoras o transformadoras (Tarazona *et al.* 2019). Estos procesos de manipulación pueden generar contaminaciones de la leche con diversos microorganismos como bacterias y hongos, que podrían llegar a generar subproductos tóxicos provenientes de su metabolismo y constituirse como un problema de salud pública (Hajmohammadi *et al.* 2020).

Otras fuentes de contaminación de la leche con subproductos tóxicos provenientes de hongos, específicamente aquellos producidos por *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. bombycis*, *A. ochraceoroseus* y *A. pseudotamari* (Nemati *et al.* 2010), se originan a partir de la

contaminación de los alimentos suministrados al ganado en épocas en donde las pasturas se ven altamente afectadas por procesos de sequía, y por tanto los granjeros deben recurrir a alimentos fermentados, balanceados comerciales, pastos y henos, que si no son preparados o almacenados adecuadamente (altas temperaturas, humedad, composición del sustrato, tiempo de almacenamiento, sitio de almacenamiento y condiciones de almacenamiento) permiten el crecimiento de los mohos y la producción de aflatoxinas, producto de su metabolismo (Battacone *et al.* 2012; Giovati *et al.* 2015; Iqbal *et al.* 2015; Oliveira *et al.* 2014).

Las aflatoxinas son un grupo de compuestos heterocíclicos y se dividen principalmente en aflatoxina B₁ (AFB₁), aflatoxina B₂ (AFB₂), aflatoxina G₁ (AFG₁) y aflatoxina G₂ (AFG₂) (De roma *et al.* 2017; Temamogullari y Kanici, 2014). El consumo de este tipo de toxinas genera en el animal alteraciones de tipo productivo como la reducción en hasta un 25% en la producción de leche y disminución en la ganancia de peso, y alteraciones de

tipo reproductivo como disminución en la tasa de concepción, entre otras (Iqbal *et al.* 2015).

El subproducto tóxico encontrado en la leche derivado de la AFB₁ se conoce como aflatoxina M₁ (AMF₁), y es resultado de la metabolización de la AFB₁ a nivel hepático a través de la citocromo p450 (Goncalves *et al.* 2017; Temamogullari y Kanici, 2014; Zinedine *et al.* 2007) y se ha demostrado que el rango de transmisión hacia la leche es de entre 1 y 6,2% del total de AFB₁ consumido por el animal, porcentaje que depende de factores como la genética, la variación climática, el proceso de ordeño y condiciones medioambientales; sin embargo, en términos generales aparece entre 12 y 24 horas desde el consumo de la AFB₁ y puede mantenerse hasta 72 horas (De roma *et al.* 2017; Fernandes *et al.* 2012; Skrbic *et al.* 2014).

Al igual que su predecesor, la AFM₁ está clasificada por la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC) en el grupo 1 de agentes carcinogénicos para el ser humano y los animales (IARC, 2002). Además de ello, es una toxina estable frente a procesos térmicos como la ultrapasteurización o la pasteurización y a procesos de transformación como la producción de quesos o yogurt, que aun cuando reducen la cantidad de toxina presente, no la eliminan por completo (Fernandes *et al.* 2012; Iha *et al.* 2013; Temamogullari y Kanici 2014).

Considerando los riesgos que representa para la salud humana la presencia de esta toxina en productos como la leche, se ha determinado a nivel mundial diversos límites de tolerancia para su presencia en la leche. En Colombia, la normativa nacional a través de la resolución 4506 del 2013 del ministerio de salud y la protección social, fija el límite máximo para la presencia de

este contaminante en 0,5 µg/kg (MSPS 2013). No obstante, hasta la fecha solo se han realizado dos estudios que determinaron la presencia de este contaminante en el país, el primero de ellos, evaluó quesos frescos en el departamento de Casanare (Aranguren y Arguelles 2009) y el segundo, evaluó leche fresca del departamento del Valle del Cauca (Cómbita y Mildenberg 2009); sin embargo, no se ha realizado ningún estudio en muestras de tanques de enfriamiento durante diversos meses abarcando múltiples municipios de un departamento.

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue detectar la presencia de AFM₁ durante un año en tanques de enfriamiento de leche cruda en cuatro municipios distintos del departamento de Boyacá (Colombia), determinando las diferencias entre temporadas climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y sitio de estudio

Se realizó un estudio de corte longitudinal, de tipo descriptivo cuantitativo, con muestreo por conveniencia. Se seleccionaron aleatoriamente cuatro municipios del denominado “cordón lechero boyacense” (Tarazona *et al.* 2019) los cuales fueron: Paipa (Latitud: 5.77894, Longitud: -73.1185 5° 46' 44" Norte, 73° 7' 7" Oeste), Duitama (Latitud: 5.817, Longitud: -73.033 5° 49' 1" Norte, 73° 1' 59" Oeste), Sogamoso (Latitud: 5.717, Longitud: -72.917 5° 43' 1" Norte, 72° 55' 1" Oeste) y San Miguel de Sema (Latitud: 5.517, Longitud: -73.817 5° 31' 1" Norte, 73° 49' 1" Oeste); de cada uno de ellos se seleccionaron cuatro tanques de enfriamiento ubicados en diversos sitios de cada municipio, cada tanque de

enfriamiento con una capacidad de 1000 litros, los cuales mantenían la leche a una temperatura entre 4 y 6°C.

Toma de muestras

La recolección de las muestras se realizó durante el período comprendido entre los meses de enero y diciembre del año 2019. Las muestras se tomaron cada quince días de cada uno de los tanques de enfriamiento ubicado en cada uno de los cuatro municipios incluidos en el estudio, en horas de la mañana luego de que el tanque estuviese completamente lleno (Tarazona *et al.* 2019). De cada tanque se tomó una muestra de 1000 ml directamente del sistema de salida en recipientes plásticos previamente esterilizados (De roma *et al.* 2017) posteriormente transportada en frío, sin aditivos, a una temperatura igual a la que se mantiene en los tanques (4-6 °C) hasta su arribo al Laboratorio de Análisis de la Calidad de Leche y Control de Mastitis de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en Tunja, Boyacá. Se tomaron 96 muestras por cada uno de los trimestres, para un total de 384 muestras a lo largo de todo el estudio.

Detección de aflatoxina M1

Las muestras fueron procesadas el mismo día de su recolección; para ello, se utilizó un equipo Charm Ez Lite de la compañía analítica Charm Sciences Inc. (EE.UU), a través de la metodología analítica ROSA (Rapid One Step Assay) por sus siglas en inglés. El equipo detecta la AFM₁ a partir de 0,5 µg/kg de leche y cuenta con una especificidad del 96% (Villar *et al.* 2012).

Se siguieron las instrucciones del fabricante, para lo cual, el primer paso fue el calentamiento del equipo a una

temperatura de 56°C durante un minuto, posterior a ello, se introdujeron dos tiras estandarizadas por el fabricante para la activación de la detección de AFM₁, una como control positivo y la otra como control negativo, con el fin de que el instrumento realizara la detección de la toxina a partir de las muestras inoculadas con la leche evaluada en tiras individuales. Luego de la estandarización, se introdujo una tira posteriormente inoculada con la leche de muestra. La muestra de leche fue homogeneizada través de 25 movimientos manuales en forma de arco durante siete segundos, luego, con una pipeta de 300 µl se tomó una submuestra, teniendo cuidado de no generar burbujas en su interior, y por último, se inoculó la cantidad total tomada en la pipeta en la tira que se encontraba en el equipo, posteriormente se cerró la tapa y se dejó incubar durante 8 minutos.

Determinación de los trimestres

Los trimestres fueron seleccionados de acuerdo con los datos del Instituto Colombiano de Meteorología, Hidrología y Estudios ambientales (IDEAM), quien separa las temporadas climatológicas del país en verano e invierno, cada una con dos periodos durante el año: 1) verano: la cual comprende el primer trimestre de enero a marzo, y un segundo de octubre a diciembre; e 2) invierno: el cual comprende el primer trimestre de abril a junio, y el segundo desde julio hasta septiembre. La principal diferencia entre esos dos periodos es la intensidad de las lluvias (IDEAM 2020).

Análisis estadístico

Las muestras de leche fueron agrupadas de acuerdo con los trimestres previamente descritos, se determinaron los valores mínimos y máximos, así como la media

TABLA 1. Detección de aflatoxina M₁ en muestras de leche cruda de tanques de enfriamiento en diferentes temporadas en el departamento de Boyacá.

Temporada	Positivos* % (n)	Concentración de AFM ₁ (µg/kg)		
		Mínimo	Máximo	Promedio ± DS
Verano 1	32,40 (35)	0,6	1,8	1,12 ± 0,38 ^b
Invierno 1	14,81 (16)	0,5	0,9	0,70 ± 0,15 ^a
Invierno 2	11,11 (12)	0,5	1,1	0,88 ± 0,22 ^a
Verano 2	41,66 (45)	0,7	2,0	1,47 ± 0,39 ^c
Total	28,12(108)	0,5	2,0	1,18 ± 0,44

* Las muestras positivas son aquellas en las que las concentraciones de la AFM₁ en la leche cruda excede el límite de cuantificación del equipo de 0,5µl/l. Los valores entre paréntesis corresponden al número de casos (n) encontrados positivos por temporada, y el porcentaje de cada trimestre se entiende tomando como 100% los 108 casos positivos. Las letras en superíndices indican la pertenencia a un mismo grupo estadístico, aquellos valores con letras distintas corresponden a grupos estadísticamente diferentes con un nivel de confianza del 95%.

y la desviación estándar para las concentraciones de la AFM₁ de acuerdo con cada trimestre; además, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) entre cada una de las medias para los trimestres evaluados, con el fin de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre la concentración de la AFM₁ de acuerdo a la temporada climática, determinando un nivel de confianza requerida para la significancia de $p < 0,05$ con el programa estadístico Statgraphics® centurión versión Windows 10 (EE.UU) (Xiong *et al.* 2013).

RESULTADOS

Se determinaron 108 muestras positivas totales durante los 12 meses del estudio, lo cual corresponde al 28,12% del total de las muestras tomadas durante la investigación. El 74,06% de las muestras positivas se detectaron en los trimestres de verano. Así mismo, se determinaron diferencias estadísticamente significativas para el promedio de la concentración de AFM₁ entre los trimestres de verano e invierno,

los mayores valores fueron detectados en los trimestres de verano llegando hasta 2,0 µg/ kg de leche (Tabla 1). Por otro lado, las menores concentraciones se detectaron en los trimestres de invierno sin diferencias estadísticas entre estos dos trimestres. Así mismo, el mayor porcentaje de casos se determinó en el verano (Tabla 1).

Los municipios que presentaron la mayor cantidad de casos positivos durante todo el año, principalmente en los trimestres de verano y en el segundo trimestre de invierno fueron: Paipa y San Miguel de Sema. Contrario a esto, en el primer trimestre de invierno los municipios con mayor número de casos positivos fueron Duitama y Sogamoso (Figura 1).

DISCUSIÓN

Según la normativa colombiana, dictada por la resolución 4506 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social, el nivel máximo de la concentración de AFM₁ en leche debe ser de 0,5 µg/kg, los resultados positivos obtenidos en este

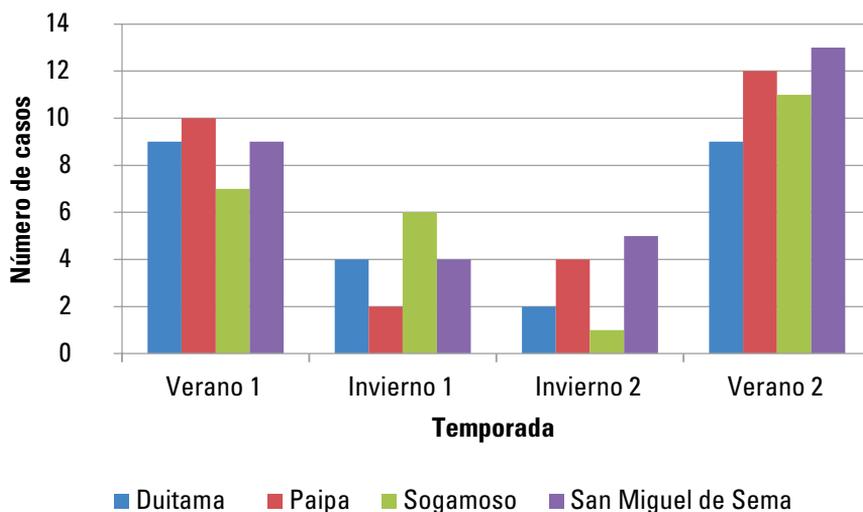


FIGURA 1. Número de casos de detección de AFM₁ por cada municipio por cada uno de los trimestres seleccionados a lo largo del 2019. Las letras dentro de cada barra, indican la inicial del municipio, así: D: Duitama, P: Paipa, S: Sogamoso y SM: San Miguel de Sema.

estudio incumplirían este precepto, debido a que todas las muestras positivas tenían concentraciones superiores al valor de referencia de la norma. De igual forma, la leche no cumplió con la normativa de los Estados Unidos, ni con la de la Unión Europea debido a que el valor máximo determinado en estas dos normativas es de 0,05 µg/kg (Barahona 2012).

En Latinoamérica se han realizado diversos estudios para la detección de esta toxina en leche destinada al consumo humano. Al respecto, en Brasil Picinin *et al.* (2013) evidenciaron un comportamiento de la concentración de AFM₁ similar al reportado en este estudio, en donde el periodo de verano o período seco se determinó la mayor concentración de la aflatoxina, con un valor de 0,0359 µg/kg, mientras que los menores valores se determinaron, al igual que en el presente estudio, para la temporada de lluvias con un valor de 0,0055 µg/kg. Por su parte,

Fernandes *et al.* (2010), en su estudio desarrollado en el estado de São Paulo, detectaron la toxina en el 36,7% de las muestras de leche evaluadas, resultado superior al reportado en la presente investigación. Además, la concentración de la toxina osciló entre 0,010 a 0,645 µg/kg, rango inferior a los determinados en esta investigación.

En Guatemala, Barahona (2012) determinó que el 65% de la leche fresca colectada en la ciudad de Chiquimula fue positiva a la AFM₁, resultado superior al determinado en este estudio. Por otro lado, en México Gutiérrez *et al.* (2013) determinaron que el 23,3% de las muestras de leche evaluadas no cumplía con la normativa mexicana, cuyo valor máximo para la concentración de la AFM₁ es igual al colombiano. Además, demostraron que la concentración de la toxina era mayor en los meses de época seca con una concentración promedio de 3,53± 0,55 µg/

kg mientras que en la época de lluvias este valor fue de $0,17 \pm 0,13 \mu\text{g}/\text{kg}$. Estos resultados son similares a los reportados en el presente estudio y corroboran lo que se determinó con respecto al comportamiento de la concentración de la toxina en la leche para la temporada seca.

Por su parte, Capelli *et al.* (2019) determinaron en Uruguay que el 100% de las muestras (18, cada una en una granja productora distinta) presentaron contaminación con la AFM₁ con 0,005 a 0,08 $\mu\text{g}/\text{kg}$, valores inferiores a lo que dicta la normativa uruguaya y colombiana de 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ como valor máximo. Así mismo, estos resultados son inferiores a lo reportado en este estudio para cualquiera trimestre.

Algunos investigadores han asociado incluso una mayor concentración de la AFM₁ con una mayor concentración de sólidos no grasos en la leche, debido a la capacidad de unión que tiene la toxina con las proteínas de la leche (Granados 2016; Hajmohammadi *et al.* 2020).

En un estudio colombiano que evaluó leche fresca se determinó que el 20% de las muestras analizadas mostraron valores superiores (0,5-0,72 $\mu\text{g}/\text{kg}$) al valor de referencia de la normatividad nacional de 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Cómbita y Mildenberg 2009), éstos resultados son similares a los reportados en este estudio para los trimestres de invierno, pero menores a los reportados en los trimestres de verano.

Por otro lado, estudios en Irán (Hajmohammadi *et al.* 2020; Nemat *et al.* 2010) mostraron la presencia de la AFM₁ hasta en el 100% de las muestras evaluadas, resultados muy superiores a lo determinado en esta investigación en donde el porcentaje total de muestras contaminadas fue de 28,12%. Tal porcentaje pudo verse principalmente afectado por el método de

análisis usado en dichos estudios (ELISA) ya que el límite mínimo para determinar la toxina en esa prueba es de 5 nanogramos/l (ng) (0,005 $\mu\text{g}/\text{kg}$), lo cual permite un mayor rango de detección, comparado con el instrumento usado en el presente trabajo cuyo valor mínimo es 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$. La concentración máxima de la toxina en el estudio de Hajmohammadi *et al.* (2020) fue de 0,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (240 ng), mientras que en el de Nemat *et al.* (2010) la concentración máxima fue de 0,085 $\mu\text{g}/\text{kg}$, valores mucho menores comparados con el detectado en este estudio de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Adicionalmente, el límite máximo fijado en la norma Iraní para la AFM₁ es de 50 ng/l, valor superado en el primer estudio por el 40% del total de las muestras y en el 33% de las muestras del segundo. Por otro lado, en este estudio el 100% de los casos positivos superaron la normativa nacional.

Otros estudios también de Irán muestran una concentración de esta toxina en valores que oscilan entre 10-410 ng/l (0,01-0,41 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Ghiasian *et al.* 2007), y 12-198 ng/l (0,012-0,198 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Fallah *et al.* 2016). En Serbia se detectó una concentración de 300 ng/l (0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Skrbic *et al.* 2014), valor inferior a lo reportado en este estudio (2 $\mu\text{g}/\text{kg}$). De otra parte, en un estudio en Pakistán (Yunus *et al.* 2019) se determinó una concentración de AFM₁ de 939 ng/l (0,9 $\mu\text{l}/\text{l}$), valor similar a lo reportado en este estudio para todos los trimestres evaluados. En Pakistán el 76,3% de las muestras evaluadas en 36 distritos diferentes productores de leche fueron positivas a la presencia de AFM₁ (Sadia *et al.* 2012), valor superior a lo reportado en este estudio por casi el 50%.

En su estudio, Daou *et al.* 2019 determinaron para leche cruda de tanques de enfriamiento una concentración de

AFM₁ que osciló entre 0,011-0,440 µg/kg en el 58,8% de las muestras tomadas (701 muestras), valores que son menores a los reportados en este estudio con respecto a la concentración, pero la presencia de la toxina fue mayor en dicho estudio.

Debido a las condiciones tropicales de Colombia las comparaciones con las variaciones climatológicas realizadas en otros países a nivel mundial generalmente tienden a variar, sobre todo en aquellos en donde existen las cuatro estaciones; sin embargo, las decisiones zootécnicas de alimentación con productos fermentados derivados principalmente del maíz, la soya, avena y otros granos, así como de alimentos balanceados comerciales y henolajes, en las temporadas en donde la disponibilidad de las pasturas está disminuida y su calidad decrece considerablemente, es similar. Para el caso colombiano, estas temporadas corresponden a los trimestres de verano, en donde se detectaron no solo el mayor número de casos de positividad, sino también la mayor concentración de la AFM₁ en muestras de leche cruda.

Tomasevic *et al.* (2015) reportaron variaciones en la concentración de la AFM₁ en Serbia a lo largo de dos años de estudio en un total de 678 muestras de leche cruda, determinando en ese caso un aumento de casos durante el invierno además de las mayores concentraciones, asociándolo a los cambios a nivel de alimentación de los animales, sobre todo de la calidad debida al almacenamiento de las materias primas utilizadas para la fabricación de los alimentos fermentados.

De igual manera, en Marruecos El Marsini *et al.* (2012) determinaron variaciones en la AFM₁ debido a la temporada, encontrándola en mayor frecuencia y en concentraciones superiores en los meses de invierno. Estos resultados están en

concordancia con lo reportado por (Ismail *et al.* 2020), en donde se determinaron variaciones en la concentración de AFM₁ en muestras de leche cruda en Egipto a lo largo de dos años de estudio (2016 y 2017), determinando las mayores concentraciones de la toxina en el otoño; además, en el 2016 determinaron un porcentaje de positividad total de muestras del 21,6%, mientras que para el 2017 este porcentaje fue de 18,3%, resultados que son similares, pero inferiores a lo reportado en este estudio.

Debido a la estabilidad química de la toxina ésta puede estar presente en subproductos lácteos, como leches sometidas a tratamientos térmicos e incluso en quesos. En lo concerniente a productos sometidos a procesos térmicos para su sanitación como las leches pasteurizadas y ultrapasteurizadas Dos Santos *et al.* (2015) determinaron que el 100% de las muestras evaluadas fueron positivas a la presencia de la AFM₁ en un rango de 0,01 hasta 0,81 µg/kg. En Turquía Aydemir *et al.* (2010) determinaron que el porcentaje de muestras UHT positivas a la presencia de la micotoxina fue de 59%, por su parte, Daou *et al.* (2019) determinaron una posibilidad en el 90,9% de las muestras evaluadas. Estos resultados demuestran la importancia del monitoreo constante de la leche cruda almacenada y que será destinada a procesos de transformación para el consumo humano debido al riesgo latente que tiene en la salud pública.

CONCLUSIONES

Se evaluaron las concentraciones de AFM₁ en muestras de leche cruda de tanques de enfriamiento en el departamento de Boyacá a lo largo de un año, determinando las mayores concentraciones y el mayor número de casos para los trimestres de verano,

asociando estos a la alimentación de los animales con alimentos contaminados con mohos productores de micotoxinas. Todas las muestras de leche positivas superaron los valores máximos postulados por la normatividad nacional, por lo cual no serían aptas para el consumo humano. Debido a la estabilidad térmica de la toxina, estos estudios en campo deben realizarse de forma rutinaria para evaluar procesos de alimentación de los animales y disminuir el riesgo en salud pública que representa la presencia de la toxina en leches destinadas a consumo humano.

REFERENCIAS

- Aranguren E, Argüelles M. 2009. Detección de aflatoxina M₁ en quesos frescos comercializados en el municipio de Yopal, Casanare, mediante la técnica ELISA. Tesis de microbiólogo industrial. Bogotá: Pont. Univ. Javeriana. 26 p.
- Aydemir M, Adigüzel G, Atasever M, Özlü H, Özturan K. 2010. Occurrence of Aflatoxin M₁ in UHT Milk in Erzurum-Turkey. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 16: s119-s122. doi: <http://dx.doi.org/10.9775/kvfd.2010.2135>.
- Barahona G. 2012. Determinación de la incidencia de aflatoxina M₁ en leche fluida de vaca en los expendios de la ciudad de Chiquimula. Tesis de Zootecnista. Chiquimula: Universidad San Carlos de Guatemala. 71 pp.
- Battacone G, Nudda A, Rassu S, Decandia M, Pulina G. 2012. Excretion pattern of aflatoxin M₁ in milk of goats fed a single dose of aflatoxin B₁. *J. Dairy Sci.* 95: 2656–2661. Doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5003>.
- Boletín meteorológico. 2020. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM [Internet]. [Citado: 15 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/tiempo-clima>.
- Capelli A, Suárez G, García C. 2019. Aflatoxinas en alimentos y leche de vacas de 18 establecimientos comerciales de las regiones centro-sur y este de Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*. 55: 52-56. <http://dx.doi.org/10.29155/VET.55.212.2>
- Cómbita A, Mildenberg S. 2009. Detección de aflatoxina M₁ en leches frescas comercializadas en la zona del valle del Cauca (Colombia) mediante la técnica de ELISA. Tesis de microbiólogo industrial. Bogotá: Pont. Univ. Javeriana. 111p.
- Daou R, Aff C, Joubrane K, Rabba L, Maroun R, Ismail A, El Khoury A. 2019. Occurrence of aflatoxin M₁ in raw, pasteurized, UHT cows' milk, and dairy products in Lebanon. *Food Control*. 111- 107055. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107055>.
- De roma A, Rossini C, Ritieni A, Gallo P, Esposito M. 2017. A survey on the Aflatoxin M₁ occurrence and seasonal variation in buffalo and cow milk from Southern Italy. *Food Control* 81: 30-33. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.05.034>.
- Dos Santos J, França V, Katto S, Santana E. 2015. Aflatoxin M₁ in pasteurized, UHT milk and milk powder commercialized in Londrina, Brazil and estimation of exposure. *Arch. Lat. Nut.* 65: 181-185.
- El Marsini B, Belkhou R, Morgavi D, Bennani L, Boudra H. 2012. Occurrence of aflatoxin M₁ in raw milk collected from traditional dairies in Morocco. *Food Chem. Tox.* 50: 2819-2821. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.031>.
- Fallah A. 2010. Assessment of aflatoxin M₁ contamination in pasteurized and UHT milk marketed in central part of Iran. *Food Chem. Tox.* 48: 988–991. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.01.014>.
- Fernandes C, Soares L, Fagundes H, Rosim R, Fernandes A. 2010. Determinação de aflatoxina B₁ em rações e aflatoxina M₁ no leite de propriedades do Estado de São Paulo. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 30(Supl.1): 221-225.
- Fernandes A, Correa B, Rosim R, Kobashigawa E, Oliveira C. 2012. Distribution and stability of aflatoxin M₁ during processing and storage of Minas Frescal cheese. *Food Control*. 24: 104-108. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.010>.
- Ghiasian S, Maghsood A, Tirang R, Mirhendi S. 2007. Occurrence of aflatoxin M₁ in raw milk during the summer and winter seasons in Hamedan, Iran. *Food Safety*. 27: 188–

198. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2007.00071.x>.
- Giaveti L, Magliani W, Ciociola T, Santiolini C, Conti S, Polonelli L. 2015. AFM1 in Milk: Physical, Biological, and Prophylactic Methods to Mitigate Contamination. *Toxics*. 7:4330-4339. Doi: <https://doi.org/10.3390/toxins7104330>.
- Goncalves B, Goncalves J, Rosim R, Cappato L, Cruz A, Oliveira C. 2017. Effects of different sources of *Saccharomyces cerevisiae* biomass on milk production, composition, and aflatoxin M1 excretion in milk from dairy cows fed aflatoxin B1. *J. Dairy Sci.* 100: 5701-5708. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12215>.
- Granados F. 2016. Insights into the interaction of milk and dairy products with aflatoxin M1. En: *Milk Proteins—Structure to Biological Properties and Health Aspects*. 1^a ed. Croatia: IntechOpen Elsevier Applied Science. P. 265-286.
- Gutiérrez R, Vega S, Pérez J, Ruiz J, Yamazaki A, Rivera J, Urban G, Escobar, A. 2013. Evaluación de Aflatoxina M₁ en leche orgánica producida en Tecpatán, Chiapas, México. *Rev. Salud Anim.* 75: 33-37
- Hajmohammadi M, Valizadeh R, Naserian A, Nourozi M, Rocha R, Oliveira C. 2020. Composition and occurrence of aflatoxin M1 in cow's milk samples from Razavi Khorasan Province, Iran. *Int. J. Dairy Tech.* 73: 40-45. Doi: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12661>.
- [IARC] International Agency for Research on Cancer. 2002. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. En: *Traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene* (Vol. 82). Lyon: IARC Press.
- Iha M, Barbosa C, Okada I, Truckess 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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.058>.
- Iqbal S, Jinap S, Pirouz A, Ahmad A. 2015. Aflatoxin M1 in milk and dairy products, occurrence and recent challenges: A review. *Trends Food Sci. Tech.* 46: 110-119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.08.005>.
- Ismail A, Tharwat N, Sayed M, Gameh S. 2020. Two-year survey on the seasonal incidence of aflatoxin M1 in traditional dairy products in Egypt. *J Food Sci Technol*. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04254-3>.
- Ministerio de salud y protección social-MSPS. 2013. Resolución 4506: Por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones. [Internet], [15 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4506-de-2013.pdf>
- Nemati M, Abbasi M, Khankandi P, Masoud A. 2010. A survey on the occurrence of aflatoxin M1 in milk samples in Ardabil, Iran. *Food control*. 21: 1022-1024. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.021>.
- Oliveira F, Corassin C, Correa B, Oswald I. 2014. Animal health: mycotoxins. En *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 2^{da} ed. Van Alfen N ed. Oxford, UK: Elsevier Limited. p 358-377.
- Pincin L, Oliveira M, Azevedo E, Quintão A, Toaldo I, Bordignon M. 2013. Influence of climate conditions on aflatoxin M1 contamination in raw milk from Minas Gerais State, Brazil *Food Control*. 31:419-424. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.10.024>.
- Sadia A, Abdul M, Deng Y, Akbar E, Riffat S, Naveed S, Arif M. 2012. A survey of aflatoxin M1 in milk and sweets of Punjab, Pakistan. *Food control*. 26: 235-240. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.01.055>.
- Skrbic B, Zivancev J, Antic I, Godula M. 2014. Levels of aflatoxin M1 in different types of milk collected in Serbia: Assessment of human and animal exposure *Food control*. 40: 113-119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.039>.
- Tarazona L, Villate J, Forero E, Grijalba J, Vargas J, Andrade R. 2019. Presencia de microorganismos micóticos en leche cruda de tanques de enfriamiento en el Altiplano Boyacense (Colombia). *Rev. CES Med. Zootec.* 14: 8-17. <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.14.2.1>.
- Temamogullari F, Kanici A. 2014. Short communication: Aflatoxin M1 in dairy products sold

- in Sanliurfa, Turkey. *J. Dairy Sci.* 97: 162-165. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6184>.
- Tomasevic I, Petrovic J, Jovetic M, Raicevic S, Milojevic M, Miocinovic J. 2015. Two year survey on the occurrence and seasonal variation of aflatoxin M₁ in milk and milk products in Serbia. *Food Control*. 56: 64-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.017>.
- Unidad de seguimiento a los precios de la leche. 2020. Bogotá: Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. [Internet], [09 de abril de 2020]. Disponible en: <http://uspleche.minagricultura.gov.co/volumen-de-acopio-total.html>
- Villar D, Olivera M, Dídier J, Chaparro J. 2012. Aproximación al tema de residuos antimicrobianos y antiparasitarios en leche. 1^{ra} ed. Medellín: Universidad de Antioquia. 85 p.
- Xiong J, Wang Y, Ma M, Liu J. 2013. Seasonal variation of aflatoxin M₁ in raw milk from the Yangtze River Delta region of China. *Food control*. 34:703-706. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.024>.
- Yunus A, Imtiaz N, Khan H, Nawaz M, Ibrahim M, Zafar Y. 2019. Aflatoxin contamination of milk marketed in Pakistan. *Toxins*. 11:110-115. Doi: <https://doi.org/10.3390/toxins11020110>.
- Zinedine A, González J, Soriano J, Moltó L, Idrissi L, Mañes J. 2007. Presence of aflatoxin M₁ in pasteurized milk from Morocco. *Food Control*. 114:25–29. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.11.001>.

Article citation:

TARRAZONA-MANRIQUE LE, ANDRADE-BECERRA RJ, VARGAS-ABELLA JC. 2020. Detección de aflatoxina M₁ en muestras de leche cruda de vacas en tanques de enfriamiento en Boyacá (Colombia). [Detection of aflatoxin M₁ in raw cow milk samples in cooling tanks in Boyacá (Colombia)]. *Rev Med Vet Zoot.* 67(3): 219-229. Doi: [10.15446/rfmvz.v67n3.93929](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n3.93929).