



## Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI

<http://revistacunori.com>

DOI: <https://doi.org/10.36314/cunori.v4i2.127>

ISSN: 2617- 474X (impresa) / 2617- 4758 (en línea)



### Referencia del artículo

Jáuregui-Jiménez, R. y Celis-Vielman, E. A. (2020). Origen y presencia de Aflatoxinas M1 en leche bovina de fincas tradicionales, Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencia Multidisciplinaria Cunori*, 4(2), 47-59. <https://doi.org/10.36314/cunori.v4i2.127>

## Origen y presencia de Aflatoxinas M1 en leche bovina de fincas tradicionales, Chiquimula, Guatemala

### Origin and presence of Aflatoxins M1 in bovine milk from traditional farms, Chiquimula, Guatemala

Raúl Jáuregui Jiménez\* y Edgar Allan Celis Vielman

Universidad de San Carlos de Guatemala y Universidad Mariano Gálvez de Guatemala

<https://orcid.org/0000-0002-6924-8667>

Recibido: 10 de junio de 2020 / Revisado: 12 de junio de 2020 / Aceptado: 30 de agosto de 2020

Disponible en internet el 30 de octubre de 2020

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [rajauji57@gmail.com](mailto:rajauji57@gmail.com)

### Resumen

La FAO define a las aflatoxinas M1 (AFM1) como potentes carcinógenos en humanos, sin embargo, existen pocos datos acerca de la contaminación de los alimentos para animales y de la leche bovina de consumo en el país. El estudio determinó la presencia de AFM1 en la leche y el manejo de los alimentos proporcionados a bovinos en producción en verano y lluvias del departamento de Chiquimula. Se tomó una muestra no probabilística por juicio a 34 fincas con muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional (siete en Chiquimula, 13 en Esquipulas, 14 en Concepción Las Minas). Las características de inclusión: uso de alimentos como rastrojos, granos, ensilados y alimentos concentrados, producir más de 50/L/día, la comercialización de la leche y subproductos; En el laboratorio a la muestra de leche se le determinó AFM1 con ELISA directa a partir del límite máximo de residuo (LMR) de 50ppt. Como resultados se encontró que 1036/L/leche/día estaban contaminados con AFM1 arriba del LMR (36.91%). Con una prueba T pareada se encontró que las lluvias si marcan una diferencia a la presencia de AFM1 en leche ( $p < .001$ ). En verano los alimentos brindados fueron balanceados comerciales y ensilaje. Durante las lluvias utilizaron el pastoreo y ensilaje. Los resultados sirvieron para que el productor tomara conciencia de cómo evitar la contaminación con hongos en los alimentos proporcionados a sus vacas. Además, desconocen el impacto negativo que tienen las AFM1 en la salud humana y no saben que manejo dar a los alimentos contaminados con micotoxinas.

**Palabras clave:** micotoxinas, leche bovina, inocuidad de la leche, ensilajes, mohos

### Abstract

The FAO defines aflatoxins M1 (AFM1) as potent carcinogens in humans; however, there is little data on the contamination of animal feed and bovine milk for consumption in the country. The study determined the presence of AFM1 in milk and food handling provided to cattle in production in summer and rains in the department of Chiquimula. A non-probabilistic sample was taken by trial of 34 farms with stratified random sampling with proportional allocation (seven in Chiquimula, 13 in Esquipulas, 14 in Concepción Las Minas). The characteristics of inclusion: use of foods such as stubble, grains, silages and concentrated foods, producing more than 50 / L / day, the marketing of milk and by-products; In the laboratory, the milk sample was determined with AFM1 with direct ELISA from the maximum residue limit (MRL) of 50ppt. As results it was found that 1036 / L / milk / day were contaminated with AFM1 above the MRL (36.91%). With a paired T-test it was found that rainfall does make a difference to the

presence of AFM1 in milk ( $p < .001$ ). In summer the food provided was balanced commercial and silage. During the rains they used grazing and silage. The results served to make the producer aware of how to avoid fungal contamination in the feed provided to his cows. Furthermore, they are unaware of the negative impact that AFM1 has on human health and do not know what management to give to food contaminated with mycotoxins.

**Keywords:** mycotoxins, bovine milk, milk safety, silages, molds

## Introducción

La FAO (2009) y la Organización Mundial de la Salud (FAO y la Organización Mundial para la Salud [OMS], 2006), han definido a las aflatoxinas B1 (AFB1) y aflatoxinas M1 (AFM1) como potentes carcinógenos humanos, sin embargo, existen pocos datos acerca de la toxicología y/o contaminación de los alimentos concentrados para animales de cría y los derivados de origen animal como la leche. Las condiciones climáticas de las regiones tropicales favorecen el crecimiento de mohos toxigénicos en el cultivo de como el maíz. La amplia variedad de ingredientes en la dieta de los rumiantes, que incluye cereales, forrajes, ensilados y concentrados, puede exponer a las vacas lecheras a una extensa gama de contaminante, como por ejemplo las aflatoxinas que son un grupo de micotoxinas sintetizadas principalmente por los mohos *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, que están presentes en numerosas materias primas utilizadas en alimentación animal. Estas toxinas causan efectos adversos en la salud humana y animal y están clasificadas como agentes carcinogénicos para humanos (Grupo 1) por la International Agency for Research on Cancer (IARC). Es bien sabido que las aflatoxinas presentes en los alimentos para animales pueden transferirse a la leche en forma de aflatoxina M1 (Shundo et al., 2016).

Algunas investigaciones sugieren que la producción de leche es el principal factor que afecta la excreción total de AFM1 siendo influenciado por el estado nutricional y fisiológico, régimen de alimentación, capacidad de biotransformación hepática (alta variabilidad individual), infecciones, fuente de contaminación y la concentración de aflatoxinas presente en el alimento. Los estudios señalan que las variaciones en la conversión de AFM1 son significativas, aún a niveles altos o bajos de contaminación con AFB1 (Rojo et al., 2014).

En el caso de los rumiantes, la especie es un factor muy importante en los efectos de las micotoxinas sobre su organismo y en la presentación de cuadros clínicos asociados a éstas, pues el rumen es el órgano responsable de una buena parte de la transformación, activación e inactivación de micotoxinas, que ocurre gracias a la acción de los microorganismos ahí presentes, especialmente bacterias (Upadhaya, Park, & Jong, 2010). Pero algunas moléculas pueden salir del rumen sin sufrir ninguna modificación o convertidas en otros metabolitos que pueden conservar su actividad biológica (Dogi et al., 2011). Guatemala es un país que posee un clima tropical, y por ende la existencia de mohos como el *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, es considerada casi inevitable. Dichos mohos pueden producirse en los alimentos del ganado bovino, y al consumirla puede infectarse e iniciar la producción de AFM1, que llegarán a la leche fluida, por esta razón las aflatoxinas se convierten en un problema para la población, debido a que ésta, en su mayoría incluye leche bovina cruda en su alimentación diaria (Torres, 2013).

Estas toxinas son el carcinógeno más potente producido en la naturaleza, por los diferentes cambios climáticos, que se traduce en el estrés de las plantas productoras de granos, aunado con la falta de manejo

y prevención por parte de los productores de ganado; ocasionando efectos mutagénicos, teratogénicos y hepatotóxicos en los animales, afectando inclusive a los humanos que consumen productos lácteos contaminados (Londoño-Cifuentes & Martínez-Miranda, 2017). La industria lechera demanda un producto proveniente de la finca que cumpla estándares deseables de calidad; esto se logra con la aplicación de normas específicas, tanto nacionales como internacionales, que procuren reducir los riesgos a un mínimo aceptable. Entre estas normas se encuentran las emitidas por el Codex Alimentarius y FAO (2009). Por ende, los productores de leche, así como las asociaciones, cooperativas, industria y gobierno, deben impulsar y verificar la aplicación de medidas de manejo que colaboren a controlar los aspectos que influyen durante la extracción y mantenimiento de la leche. Los principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas son: factores físicos (humedad y agua disponible, temperatura, zonas de microflora, integridad física de los granos), factores químicos (pH, composición del sustrato, nutrientes minerales, potencial de oxidación-reducción (O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>), factores biológicos como presencia de invertebrados. (Espíndola-Figueroa, 2006).

No hay una sola zona en el mundo que se salve de estos asesinos silenciosos, y su impacto negativo sobre la productividad animal y la salud humana es enorme (Espíndola-Figueroa, 2006). Se ha argumentado acerca de enfermedades transmitidas por alimentos contaminados, lo que demuestra la importancia y repercusión de este tema en la inocuidad de los alimentos y en la salud pública (Reza & Marjan, 2013). Desde la perspectiva más general, las intoxicaciones transmitidas por los alimentos, en especial la leche de bovino con aflatoxina, afectan la salud en forma importante y más gravemente a niños, mujeres embarazadas, ancianos y a personas ya afectadas por otras enfermedades (Torres, 2013). Aunque en la literatura se sugieren varios niveles de tolerancia para AFM1 en la realización de este estudio se utilizaron como guía las normas establecidas por la Food & Drug Administration (FDA) de Los Estados Unidos de América y las establecidas por los países miembros de la Unión Europea (UE), debido a que estas entidades determinan los estándares de referencia respecto a la inocuidad alimentaria que se deben de cumplir para el comercio internacional (Vela-Morales, 2016).

Por tal razón y tomando en cuenta la cantidad de leche que se produce en las regiones lecheras del departamento de Chiquimula, que son más de 10,000 L diarios es necesario realizar pruebas que determinen la presencia de AFM1 en finca, en la época de verano y de lluvias. Aunado a la falta de información en Guatemala, referente a intoxicaciones de transmisión alimentaria como la aflatoxicosis, tanto en humanos como en animales, es uno de los impedimentos para llevar a cabo intervenciones gubernamentales fundamentadas en datos, para el consumo de leche inocua. El estudio determinó la presencia de AFM1 en la leche y el manejo de los alimentos proporcionados a bovinos en producción en verano y lluvias del departamento de Chiquimula. Se tomó una muestra no probabilística por juicio a 34 fincas con muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional (siete en Chiquimula, 13 en Esquipulas, 14 en Concepción Las Minas). Las características de inclusión: uso de alimentos como rastrojos, granos, ensilados y alimentos concentrados, producir más de 50/L/día, la comercialización de la leche y subproductos; En el laboratorio a la muestra de leche se le determinó AFM1 con ELISA directa a partir del límite máximo de residuo (LMR) de 50ppt. Como resultados se encontró que 1036/L/leche/día estaban contaminados con AFM1 arriba del LMR (36.91%). Con una prueba T pareada se encontró que las lluvias si marcan una diferencia a la presencia de AFM1 en leche ( $p < .001$ ). En verano los alimentos brindados fueron balanceados comerciales y ensilaje. Durante las lluvias utilizaron el pastoreo y

ensilaje. Los resultados sirvieron para que el productor tomara conciencia de cómo evitar la contaminación con hongos en los alimentos proporcionados a sus vacas. Además, desconocen el impacto negativo que tienen las AFM1 en la salud humana y no saben que manejo dar a los alimentos contaminados con micotoxinas.

## Materiales y métodos

El estudio se efectuó en los siguientes municipios: Concepción Las Minas, Esquipulas y Chiquimula que es la región lechera del departamento de Chiquimula. Cuentan con una red de carreteras que permiten la intercomunicación de municipios y el laboratorio de diagnóstico. La investigación se realizó de la manera siguiente: ubicación de las fincas a muestrear, entrevista a los ganaderos productores. Se determinó la muestra de las fincas en el departamento de Chiquimula para lo cual se usó la información del último censo agropecuario nacional (Instituto nacional de Estadística, 2004) donde hay registrados municipios que producen más de 3,000 litros diarios de leche fluida como es el caso de Chiquimula, Esquipulas y Concepción Las Minas y existen 952 fincas productoras registradas, de estas fincas se tomó una muestra no probabilística por juicio que fueron 34 fincas.

Las características de inclusión que tuvieron dichas fincas fueron el uso de alimentos como rastrojos, granos como el maíz y maicillo, alimentos concentrados, además, producir más de 50 L/día, más la comercialización de la leche y elaboración de subproductos y fueron establecimientos localizados en diversos ecosistemas y con diferentes sistemas de producción mixtos con lecherías de doble propósito. La toma de la muestra consistió en 200 mL de leche del recipiente colector de la finca, la cual se dispuso en un recipiente estéril y hermético, trasladado en refrigeración a 4 °C hasta el laboratorio de diagnóstico, con su respectiva boleta de datos e identificación de esta.

En el laboratorio, a partir del Kit para la determinación de AFM1 con el método ELISA directa se establecieron los rangos estándar para hacer las conversiones de ng/L a partes por trillón (ppt), a partir del límite máximo de residuo (LMR) de 0.05 µg/L (50 ppt) en un lector de microplacas con una calibración de 450 nm con un filtro de aire diferencial de 630 nm. Con una prueba T pareada se buscó la significancia entre los resultados de todas leches de los tres municipios en estudio de acuerdo a la época a la presencia de AFM1 en la leche.

El instrumento que se utilizó fue una boleta donde se solicitó a través de una entrevista los datos al ganadero, como producción, los tipos de alimentos que se le dan a las vacas lecheras en la época de verano y de lluvias, principalmente las características organolépticas de los suplementos y la manipulación que se les daba dentro de cada finca para determinar la posible relación de contaminación con AFM1. Se realizó en las fincas muestreadas una boleta transversal recabando información del manejo de los alimentos proporcionados al ganado en producción y del conocimiento por parte del productor sobre la presencia de AFM1.

## Resultados

A continuación, se presenta un análisis de la presencia de AFM1 de la leche fluida en la época de verano y lluvias, así como el manejo de los alimentos proporcionados a las vacas en producción y los conocimientos que posee el ganadero sobre aflatoxinas de 34 fincas muestreadas en tres municipios del departamento de Chiquimula, de la manera siguiente:

Tabla No.1 Resultados de los niveles mínimos y máximos de AFM1/ppt en la leche fluida de bovino en las 34 fincas muestreadas en la época de verano y de lluvia de tres municipios del departamento de Chiquimula, Guatemala.

Municipio	No. fincas	Verano ppt	Lluvias Ppt	P
Esquipulas	14	0.00	173.92	0.04
Chiquimula	7	10.03	37.19	0.17
Concepción Las Minas	13	23.45	144.73	0.05
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>11.72</b>	<b>133.75</b>	<b>0.003</b>

Jáuregui-Jiménez y Celis-Vielman (2020). Información obtenida del estudio de campo.

En la Tabla No. 1 se presentan los niveles promedios de AFM1/ppt detectados en las muestras de leche de las 34 fincas en la época de verano y de lluvia: En la época de verano las fincas del municipio de Esquipulas no se detectaron trazas de AFM1 solamente en las fincas de los municipios de Chiquimula y Concepción Las Minas pero con niveles abajo del LMR (>50 ppt) y que oscilaron entre 10.03 a 23.45 ppt/AFM.

En la época de lluvias las fincas de los municipios de Esquipulas y Concepción Las Minas tuvieron niveles arriba del LMR que fluctuaron entre 144.73 a 173.92 ppt/AFM1 pero el municipio de Chiquimula tuvo niveles de 37.19 ppt/AFM1 abajo del LMR. Al hacer el análisis de una prueba T pareada se encontró significancia entre los resultados de todas leches de los tres municipios en estudio de acuerdo a la época lo que implica que la época de lluvias si marca una diferencia a la presencia de AFM1 en la leche ( $p < .001$ ).

Tabla No. 2 Litros de leche producidos y litros de leche en riesgo de contaminación con AFM1 por municipio en la época de lluvia en el departamento de Chiquimula.

Variable	Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las Minas		Totales	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
Número de fincas muestreadas	13	38	7	21	14	41	34	100
Fincas positivas a AFM1	9	26	3	9	10	29	22	65
Litros de leche/día	326	11.6	1568	55.9	913	32.53	2807	100
Litros de leche/día en riesgo	117	4.17	350	12.5	569	20.27	1036	36.91
Elaboración de subproductos*	12	35.3	5	14.7	1	2.94	18	52.94
Leche para centro de acopio*	1	4.55	2	9.09	13	59.09	16	47.06

\*Productores

Jáuregui-Jiménez y Celis-Vielman (2020) Información obtenida del estudio de campo.

La Tabla No. 2 refleja los resultados de los litros de leche producidos en el momento que se realizó la entrevista con los productores de las 34 fincas muestreadas, los cuales en ese período alcanzaron 2807 L/día, y se encontró que 1036 L/leche/día estaban contaminados con AFM1 arriba del LMR que representó el 36.91% de los litros de leche. Además, lo preocupante del caso es que el 36.91% (1036 L) de esa leche total tuvo AFM1 de 18 productores y se utilizó para la elaboración de subproductos como queso y crema; el resto de los 16 productores llevaron su leche a centros de acopio o para consumo.

Tabla No. 3 Manejo que realizan los productores en los alimentos ofrecidos a los bovinos en producción en los tres municipios en estudio en el departamento de Chiquimula.

Variable	Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las Minas		Totales		
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	
Número de fincas muestreadas	13	38	7	21	14	41	34	100	
Uso de ensilaje	7	27	5	19	14	54	26	76	
Forrajes para el ensilaje	Sorgo	0	0	5	38	8	62	13	50
	Maíz	7	33	0	0	14	67	21	81
	Napier	1	14	0	0	6	86	7	27
	Caña de azúcar	3	75	0	0	1	25	4	15
Días de ensilaje	22-60		30-120		20-120				

Jáuregui-Jiménez y Celis-Vielman (2020) Información obtenida del estudio de campo.

La Tabla No. 3 se observa que 26 productores (76%) utilizan el ensilaje. Este tipo de alimento es uno de los alimentos precursores de AFM1 sino se elabora apropiadamente. Ahora bien, los forrajes utilizados por los productores para la elaboración del ensilaje fueron el maíz y sorgo con tiempos de maduración entre 20 y 120 días del ensilado.

Tabla No. 4 Tipos de alimentos proporcionados a las vacas en producción de las fincas muestreadas de acuerdo con la época de verano o lluvia en los tres municipios en estudio en el departamento de Chiquimula.

Tipo de alimento ofrecido	Municipios								
	Época	Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las Minas		Totales	
		Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
No. fincas		13	38	7	21	14	41	34	100
Forraje verde	Verano	2	6	2	6	11	32	15	44
	Lluvia	7	21	5	15	10	29	22	65
Balanceados	Verano	13	38	7	21	14	41	34	100
	Lluvia	10	29	7	21	10	29	27	79
Heno	Verano	2	6	0	0	11	32	13	38
	Lluvia	0	0	0	0	0	0	0	0
Ensilaje	Verano	7	21	5	15	14	41	26	76
	Lluvia	2	6	0	0	11	32	13	38
Granos	Verano	0	0	0	0	1	3	1	3
	Lluvia	0	0	0	0	0	0	0	0
Pastoreo	Verano	4	12	7	21	1	3	12	35
	Lluvia	7	21	7	21	14	41	28	82
Rastrojos y pastoreo	Verano	0	0	0	0	14	41	14	41
	Lluvia	0	0	0	0	0	0	0	0
Harinas	Verano	2	6	0	0	9	26	11	32
	Lluvia	0	0	0	0	3	9	3	9

Jáuregui-Jiménez y Celis-Vielman (2020) Información obtenida del estudio de campo

En la Tabla No. 4 se observa los alimentos que son proporcionados por los productores de las fincas muestreadas a las vacas en producción de acuerdo a la época de verano o de lluvia. En la época de verano los alimentos brindados indicaron que el cien por ciento de los productores usan los balanceados comerciales por la misma escases de forraje verde, el ensilaje es la segunda opción de alimentación con el 76% (26 productores) y el 44% (15 productores) utilizaron forrajes verdes de corte. En la época de las lluvias el 82% (28) utilizan el pastoreo como fuente principal de alimentación, el 79% (27) usan los balanceados comerciales y el 65% (22) forrajes verdes de corte.

Tabla No. 5 Conocimiento de los productores de las fincas muestreadas sobre la contaminación y prevención de la presencia de aflatoxinas en la leche fluida en el departamento de Chiquimula.

Variable		Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las Minas		Totales	
		Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
Presencia de mohos y mal olor en ensilajes	Si	3	43	3	60	11	79	17	65
	No	4	57	2	40	3	21	9	35
Control del hongo en el ensilaje	Si	0	0	0	0	0	0	0	0
	No	7	100	5	100	14	100	26	100
Conocimiento sobre aflatoxinas	Si	0	0	0	0	0	0	0	0
	No	13	100	7	100	14	100	34	100
Conoce algún método de prevención	Si	0	0	0	0	0	0	0	0
	No	13	100	7	100	14	100	34	100

Jáuregui-Jiménez y Celis-Vielman (2020) Información obtenida del estudio de campo

La Tabla No. 5 presenta la información que posee el productor sobre la presencia de las aflatoxinas en la leche y la contaminación de micotoxinas de los alimentos que le proporciona a sus vacas y los resultados indicaron que el 65% (17) de los productores que usan ensilajes para alimentar sus vacas en producción detectan la presencia de mohos y mal olor en sus silos, pero el 100% no conoce ningún control o método para eliminar los hongos en el ensilaje ya elaborado. Con respecto al conocimiento o información sobre que son las aflatoxinas, sus efectos en la salud humana y métodos de prevención en el bovino, los 34 productores respondieron que desconocen el tema.

## Discusión

En cuanto a la presencia de AFM1/ppt en la leche producida en las regiones lecheras del departamento de Chiquimula implica que la situación es altamente contaminante en la época de lluvias ya que el 36.91% de la leche está en riesgo con presencia de AFM1 arriba del LMR. Un estudio similar en la ciudad de Ribeirao Preto en el estado de Sao Paulo, determinaron la concentración AFM1 en 36.7% de las muestras de leche que variaron de .01 a 0.645  $\mu\text{g}/\text{kg}-1$  y solo una muestra estaba por encima del límite de tolerancia adoptado en el Brasil. Además, encontró el 20.9% de las 139 muestras excedieron el límite Unión Europea (0.05  $\mu\text{g}/\text{kg}-1$ ), con una variación de .05-.24  $\mu\text{g}/\text{kg}-1$  (Garrido et al., 2003).

En otro estudio determinó AFM1 en leche cruda de los principales municipios productores de leche de la región de los Altos y Ciénega, Jalisco, México. Los resultados mostraron contaminación con aflatoxina en el 92.5%, con niveles entre 4.82 a 24.89  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ -1. Del total de las muestras contaminadas, 9.3% contenían niveles superiores al valor permitido por las Normas Oficiales Mexicanas (20  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ -1). AFM1 se presentó en el 80% de las muestras de leche (Reyes-Velásquez, 2009). En Brasil de 257 muestras de leche procedentes de diferentes regiones geográficas fueron analizadas para determinar la presencia de AFM1. Los límites de cuantificación (LOQ) fueron .008  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y .08  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para leche fluida y la leche en polvo, respectivamente. Se detectaron AFM1 en 209 (81.3%) muestras, siendo 26 (63.4%), 105 (84%) y 78 (85.7%) de leche pasteurizada, UHT y en polvo, respectivamente (Shundo, 2016).

En una publicación realizada por Alpízar-Solís (2015) se analizó que la etapa de la lactancia en vacas tiene un efecto sobre la excreción de AFM1 en leche, pues las vacas en lactancia temprana excretan hasta tres veces más AFM1 en la leche que las vacas en lactancia tardía. Debido a que las AFM1 se asocian a la proteína de la leche, adquieren estabilidad y pueden ser encontradas incluso en derivados lácteos en concentraciones mayores que en la leche. En otro artículo menciona que se efectuó un método confiable para encontrar la exposición artificial a AFB1 en vacas lecheras. En estos ensayos, siempre fue detectada la presencia de residuos de AFM1 en la leche después de la exposición a AFB1. Cuando las vacas lecheras se expusieron a AFB1, la AFM1 apareció en la leche 48 h después de la ingestión y volvió a nivel no detectable después de 72 a 96 h después del retiro del alimento contaminado con AFB1. La tasa de conversión para los grupos testigo (T1) en el experimento 1 fue 3.35 %, y 1.8 % en el experimento 2 (Rojo, 2014).

En lo que respecta a la toxicidad de la AFB1, se podría también establecer para los bovinos, ovinos y caprinos lecheros una concentración máxima tolerable de 25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Sin embargo y como consecuencia de que la AFB1 se transforma dentro del animal en AFM1 y esta última va a la leche, la concentración máxima tolerable para AFB1 en esos animales debe ser más rigurosa, concretamente 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a fin de que la concentración de AFM1 en la leche no represente riesgo para los humanos consumidores de ese alimento (Gimeno & Martins, 2011). Con respecto al manejo que los ganaderos dan a los alimentos que proporcionan a las vacas en producción se evidencia que los rastrojos, ensilados, harinas y concentrados no se les da la preservación apropiada para evitar la contaminación con hongos productoras de micotoxinas. Eckard y colaboradores (2011) encontraron una incidencia de infección con *Fusarium* de un 46% en plantas de maíz antes de la cosecha, y las especies más prevalentes fueron *F. sporotrichoides*, *F. verticillioides*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. proliferatum* y *F. equiseti*. También determinaron que la apariencia de síntomas visuales de infección del maíz con *Fusarium* no es un parámetro adecuado para predecir el posible contenido de toxinas en el ensilaje de maíz.

Estos datos también concuerdan con los encontrados por Van Asselt y colaboradores (2012) en Holanda, quienes observaron que el 50% de las muestras de ensilajes de maíz que estudiaron resultaron positivas para *Fusarium*, donde a la vez las especies más frecuentes fueron *F. crookwellense*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides* y *F. equiseti*. El correcto manejo de los cultivos, de las etapas del proceso de ensilaje y el control de las condiciones en las que se elabora constituyen las medidas más efectivas para disminuir la contaminación de los ensilajes con micotoxinas. Además, es necesario

seguir avanzando en las investigaciones relacionadas con la presencia de micotoxinas en ensilajes para consumo de rumiantes, muy especialmente en regiones tropicales, pues las condiciones ambientales y las características de los alimentos producidos en dichas regiones favorecen, al menos teóricamente, el desarrollo de estas toxinas, lo cual representa un alto riesgo para la salud y seguridad alimentaria de las poblaciones que dependen de la producción agropecuaria de estos países. (Alpízar-Solís, 2015).

Algunos comentarios sobre la temática indican que los niveles de contaminación más altos de AFM1 encontrados se relacionaron con los resultados obtenidos en la encuesta efectuada, donde se identificaron ciertas deficiencias en el almacenamiento del alimento (Vela-Morales, 2016). Tanto el contenido de materia seca como el pH de los ensilajes también parecen tener un efecto importante sobre el desarrollo de ciertos hongos, y posiblemente, sobre la producción de micotoxinas (O'Brien et al., 2008). Medina y colaboradores (2016) indican que el tipo de alimento consumido por el animal influye en la contaminación de la leche con AFM1, donde la alimentación con pasto disminuye la concentración en las muestras de leche cruda. La alimentación del animal con alimentos mixtos (pasto y alimento concentrado) redujo el 50% aproximadamente la concentración de AFLM1 en la leche cruda. La incidencia de AFM1 tanto en leche cruda como pasteurizada en las zonas estudiadas de Mene Mauroa del occidente de Venezuela fue baja.

La AFM1 se puede detectar en la leche unas horas después de administrando una dosis oral de AFB1 a vacas en producción, lo que indica que al menos parte de su absorción ocurre en el rumen. Porque hasta el 6% de la AFB1 que consumen las vacas lactantes se secreta en leche como AFM1 (Morán, et al., 2013).

Así mismo, el mayor o exclusivo uso de pasturas frescas durante el verano favorecen la ausencia de hongos (Ortiz, 2009). La contaminación con micotoxinas es un problema de graves repercusiones económicas y de salud. A pesar de los numerosos estudios realizados, todavía hay más interrogantes que respuestas. La presencia de micotoxinas en los alimentos para animales representa un desafío para la industria, ya que por lo regular la intoxicación se da por varias micotoxinas al mismo tiempo y los efectos se complican por la presencia de otros factores. Dado que es muy difícil obtener insumos libres de toda contaminación se han propuesto diversas formas para el manejo de este problema. Así se han establecido valores límites de contaminación y propuesto diferentes alternativas de control. En este último aspecto, la alternativa actual más práctica para controlar la micotoxicosis en la industria pecuaria es la del uso de adsorbentes de micotoxinas, sin embargo, este tema es muy polémico pues existen muchas opciones en cuanto a productos. (Espíndola-Figueroa, 2006).

En animales lactantes, la tasa de conversión de AFB1 a AFM1 oscila entre 0,5 y 6%. La variabilidad se debe a diferentes factores, como la respuesta individual, el nivel de ingesta de AFB1, la etapa y el orden de lactancia. Varios investigadores informaron que existe una relación lineal entre la cantidad de AFM1 en la leche y AFB1 en el alimento que consume el ganado lechero. Se considera que la AFM1 en la leche y los productos lácteos presenta ciertos riesgos higiénicos para la salud humana. Estos metabolitos no se destruyen durante el proceso de pasteurización y calentamiento. La contaminación por aflatoxinas

en la leche y sus productos se produce de dos maneras. O las toxinas pasan a la leche con la ingestión de alimentos contaminados con Aflatoxina, o resulta como una contaminación posterior de la leche y los productos lácteos con hongos. Al igual que otras micotoxinas, los límites estándar de muchos países para las AFM1 y AFM2 oscilaron entre 0 y 0,5 ppb, en la leche y los productos lácteos.

En algunas comunidades Europeas y el Codex Alimentarius prescriben que el nivel máximo de AFM1 en la leche líquida y los productos lácteos secos o procesados no debe exceder los 50 ng/kg. Entonces, en este artículo de revisión, queremos destacar estas peligrosas micotoxinas en nuestros productos lácteos al proporcionar toda la información que se encuentra disponible en la literatura. (Nogaim, 2014).

Así mismo, los productores que participaron en el presente estudio desconocen el impacto negativo que tienen las aflatoxinas en la salud humana y no saben que manejo darles a los alimentos contaminados que se les ofrecen a los bovinos en producción con micotoxinas.

## Agradecimientos

La ejecución y redacción del presente estudio no hubiera sido posible sin el cofinanciamiento de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, programa de alimentación y nutrición, partida presupuestal 4.8.24.7.23, 2019. La participación del Licenciado Zootecnista Luis Vásquez Chegüen, estadístico del proyecto y en particular a la carrera de Zootecnia del Centro Universitario de Oriente de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el apoyo administrativo brindado, así también, un especial agradecimiento a los ganaderos de la región que aportaron su conocimiento y por el apoyo incondicional para llevar a la culminación de este proyecto.

## Referencias

- Alpízar-Solís, C.A. (2015). Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes. *Revista ciencias veterinarias*, 33(1), 7-31.
- Dogi, C., Armando, R., Ludueña, R., De Moreno, A., Rosa, C., Dalcerro, A., & Cavaglieri, L. (2011). *Saccharomyces cerevisiae* strains retain their viability and aflatoxin B1 binding ability under gastrointestinal conditions and improve ruminal fermentation. *Food additives and contaminants*, 28 (12): 1705–11. doi: 10.1080/19440049.2011.605771
- Espíndola-Figueroa, S. (2006). Micotoxinas y micotoxicosis en el ganado bovino lechero. *Revista Chapingo serie zonas áridas*, (1).
- Eckard, S., Wettstein, F., Forrer, H. & Vogelgsang, S. (2011). Incidence of *Fusarium* species and mycotoxins in maize silage. *Toxins* 3(8): 949–67. doi: 10.3390/toxins3080949.
- Garrido, N. S., Iha M. H., Santos O. M. & Duarte, F. R. (2003) Occurrence of aflatoxins M1 and M2 in milk commercialized in Ribeirão Preto-SP, Brasil. *Food addit and contaminants*. 20(1), 70-73. doi: 10.1080 / 0265203021000035371.
- Gimeno, A., & Martins, M., (2011). *Micotoxinas y micotoxicosis en animales y humanos* (3 ed.). Miami: Special nutrient INC.

- Instituto Nacional de Estadística. (2004). IV Censo nacional agropecuario. Guatemala: Autor.
- Londoño-Cifuentes, E. M., & Martínez-Miranda, M. M. (2017). Aflatoxinas en alimentos y exposición dietaria como factor de riesgo para el carcinoma hepatocelular. *Biosalud*, 16(1), 53-66. <https://doi.org/10.17151/biosa.2017.16.1.7>
- Medina, Z., Castro, G., Salcedo, A., Silva, R. A., & Montiel, M. (2016). Detección de Aflatoxina M1 en muestra de leche cruda y pasteurizada en el ganado vacuno de Mene Mauroa. Región Occidente de Venezuela. *Revista de la Universidad de Zulia*, 5(12), 67-78.
- Morán, C. A., Kettunen, H., Yiannikouris, A., Ojanperä, S., Pennala, E., Helander, I. M., & Apajalahti, J. (2013). A dairy cow model to assess aflatoxin transmission from feed into milk—Evaluating efficacy of the mycotoxin binder Mycosorb®. *Journal of applied animal nutrition*, 2. <https://doi.org/10.1017/jan.2013.12>
- Nogaim, Q. A. (2014) Aflatoxins M1 and M2 in dairy products. *Journal of applied chemistry*, 2 (5)14-25
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). Comité del Codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. Roma: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial para la Salud. (2006). Que es el codex alimentarius, 3 ed. Roma: Autor.
- O'Brien, M., Kiely, P., Forristal, P. & Fuller, H. (2008). Fungal contamination of big-bale grass silage on irish farms: predominant mould and yeast species and features of bales and silage. *Grass and forage science*. 63: 121–137. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00620.x>
- Ortiz, C. (2009). Análisis de aflatoxina m1 en leche fresca de establos lecheros de Arequipa. *Revista de Investigación Veterinaria*, 20(1)139-141. <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i1.585>
- Reyes-Velázquez, W., Martínez, P., Espinosa, V., Nathal, M., Palacios, L., & Rojo, F. (2009). Aflatoxinas totales en raciones de bovinos y AFM1 en leche cruda obtenida en establos del estado de Jalisco, México. *Técnica Pecuaria en México*, 47(2), 223-230.
- Reza, D., & Marjan, M. (2013). Aflatoxin M1 Contamination in Dairy Products. *Journal of science and today's world*, 2(5), 500-514.
- Rojo, F. W. (2014). Evaluación de adsorbentes para la reducción de aflatoxina M1 en leche de vacas alimentadas con dietas contaminadas artificialmente con AFB1. *Revista Mexicana de ciencias pecuarias*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i1.3062>
- Rojo, F., Martínez, S. P., Espinoza, V. H., Nathal, M. A. De Lucas, E., & Reyes-Velázquez, W. P. (2014). Evaluación de adsorbentes para la reducción de aflatoxina M1 en leche de vacas alimentadas con dietas contaminadas artificialmente con AFB1. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i1.3062>
- Shundo, L., de Almeida, A. P., Alaburda, J., Lamardo, L. C., Navas, S. A., Ruvieri, V., & Sabino, M. (2016). Ocorrência de aflatoxina M1 em amostras de leite bovino consumido em diferentes regiões do Brasil. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 75, 1-8.
- Torres, O. R. (2013). Determinación, Caracterización y evaluación de aflatoxinas que influyen en el retardo de talla para edad en niños de Guatemala. (FODECYT No. 04-2012). Guatemala: Consejo nacional de Ciencia y Tecnología.

- Upadhaya, S., Park, M. & Jong, K. (2010). Mycotoxins and their biotransformation in the rumen. *Asian-Austria Journal animal science* 23(9):1250-1260. doi: 10.5713/ajas.2010.r.06.
- Van Asselt, E., Azambuja, W., Kastelein, P., De Rijk, T., Stratakou, I. & Van Der Fels-Klerx, H. (2012). A Dutch field survey on fungal infection and mycotoxin concentrations in maize. *Food addit & contaminants*. 29 (10), 1556-1565. doi: 10.1080/19440049.2012.689997.
- Vela-Morales, E. M. (2016). Determinación de la presencia de aflatoxina m1 en leche cruda de vaca distribuida en un centro de acopio ubicado en la región de la costa sur de Guatemala 2015 (Tesis de licenciatura), Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Sobre el autor

---

### Raúl Jáuregui Jiménez

Es profesor titular del Centro Universitario de Oriente de la Universidad de San Carlos de Guatemala desde 1982, Médico Veterinario y Maestro en Ciencias en Sanidad Animal. Como investigador ha desarrollado investigación en las áreas temáticas de la sanidad animal e inocuidad de alimentos, además en la conservación y utilización de los recursos zoogenéticos locales.

Copyright (c) Raúl Jáuregui Jiménez, Edgar Allan Celis Vielman



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de **atribución**: usted debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.