

## Impacto de las micotoxinas en la producción animal

### Impact of mycotoxins on animal production

Jorge Vargas Monter<sup>b</sup>, Erick Alfredo Zúñiga Estrada<sup>c</sup> Leodan Tadeo Rodríguez Ortega<sup>d</sup>, Juan Noguez Estrada<sup>e</sup>, Héctor Oscar Orozco Gregorio<sup>f</sup>, Diana María Sifuentes Saucedo<sup>a</sup>

---

#### Abstract:

This work highlights the importance of promoting efficiency in the use of natural resources and environmental sustainability through good management practices. However, challenges such as the urbanization of agricultural land, water scarcity, intensive farming practices, and climate change can limit forage production, emphasizing the need to develop more productive and adaptable crops under these conditions. In this context, alfalfa, a high-nutritional-value forage, is essential for animal feeding. However, alfalfa is susceptible to various diseases, especially contamination by filamentous fungi that produce mycotoxins. Among the most common fungi are *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Fusarium*, which generate dangerous mycotoxins that are highly toxic to animals and humans. Monitoring and controlling mycotoxins in the animal production chain are essential to ensure healthy and sustainable production, as well as to protect public health and the agricultural economy.

#### Keywords:

Mycotoxins, animal nutrition, effects

---

#### Resumen:

Este trabajo destaca la importancia de promover la eficiencia en el uso de recursos naturales y la sostenibilidad ambiental a través de buenas prácticas de manejo. No obstante, desafíos como la urbanización de tierras agrícolas, la escasez de agua, las prácticas agrícolas intensivas y el cambio climático pueden limitar la producción de forrajes, lo que resalta la necesidad de desarrollar cultivos más productivos y adaptables a estas condiciones. En este contexto, la alfalfa, un forraje de alto rendimiento nutricional, es fundamental para la alimentación animal. Sin embargo, la alfalfa es susceptible a diversas enfermedades, especialmente a la contaminación por hongos filamentosos que producen micotoxinas. Entre los hongos más comunes están *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, los cuales generan micotoxinas peligrosas, que son altamente tóxicas para los animales y los seres humanos. La vigilancia y control de las micotoxinas en la cadena de producción animal son esenciales para garantizar una producción saludable y sostenible, así como para proteger la salud pública y la economía agropecuaria.

#### Palabras Clave:

Micotoxinas, nutrición animal, efectos

---

<sup>a</sup> Autor de correspondencia: Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo, | México, <https://orcid.org/0000-0001-8384-7941>, Email: [dmsifuentes@upfim.edu.mx](mailto:dmsifuentes@upfim.edu.mx)

<sup>b</sup> Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-9845-2598>, Email: [jvargas@upfim.edu.mx](mailto:jvargas@upfim.edu.mx)

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería | Mineral de la Reforma, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0001-7174-0255> Email: [erick\\_zuniga@uaeh.edu.mx](mailto:erick_zuniga@uaeh.edu.mx)

<sup>d</sup> Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-6561-4263> Email: [ltrodriguez@upfim.edu.mx](mailto:ltrodriguez@upfim.edu.mx)

<sup>e</sup> Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-0493-8843> Email: [jnoguez@upfim.edu.mx](mailto:jnoguez@upfim.edu.mx)

<sup>f</sup> Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-7607-5231> Email: [horozco@upfim.edu.mx](mailto:horozco@upfim.edu.mx)

Introducción

La producción animal representa hoy en día un rol esencial en la economía, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Su relevancia se refleja en diversos aspectos clave, como la provisión de alimentos ricos en proteínas y nutrientes esenciales, así como en su contribución al desarrollo rural al generar ingresos para productores de diferentes escalas. Además, permite un uso eficiente de los recursos naturales y fomenta la sostenibilidad ambiental mediante buenas prácticas de manejo que minimizan el impacto ecológico. En los últimos años, la demanda de productos obtenidos de pequeños rumiantes ha aumentado significativamente, lo que resalta la necesidad de una mayor producción de cultivos forrajeros. Sin embargo, factores como la urbanización de tierras agrícolas, la reducción en la disponibilidad de agua, las prácticas agrícolas intensivas y el cambio climático representan desafíos que podrían restringir la producción forrajera en el futuro. Por esta razón, resulta fundamental el desarrollo de cultivos con mayor productividad y capacidad de adaptación a estas condiciones [1].

La alfalfa es uno de los cultivos más utilizados en la alimentación de animales, con un rendimiento anual de 30 t MS ha<sup>-1</sup>, y valor nutrimental, de 22 % de proteína y 70 % de digestibilidad [2,3].

La alfalfa es un forraje muy susceptible a enfermedades estas pueden agruparse según la parte de la planta afectada como puede ser la raíz y corona, enfermedades foliares que dañan tallos y hojas. La principal causa de contaminación es por hongos filamentosos que producen metabolitos secundarios invisibles y tóxicos denominados micotoxinas [4]. Los hongos más frecuentes son *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, que producen toxinas, siendo las aflatoxinas las más peligrosas para el ser humano y los animales [5,6]. Se estima que cada año, el 25 % de productos agrícolas y granos del mundo se contaminan por micotoxinas durante el crecimiento, cosecha y almacenamiento [7]. El objetivo de este trabajo es realizar una investigación científica para conocer el impacto que causan las micotoxinas en la producción animal.

Micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por ciertos hongos filamentosos, y se encuentran frecuentemente en productos agrícolas contaminados. Estos compuestos son perjudiciales tanto para los seres humanos como para los animales, representando un

problema de salud global. Los alimentos contaminados con micotoxinas pueden provocar enfermedades graves en animales de granja, además de generar importantes pérdidas económicas [8].

El crecimiento de hongos en el forraje esta influenciado por factores como el clima, vegetación, suelo, disponibilidad de agua y con la presencia de microorganismos que afecten el crecimiento del cultivo y la susceptibilidad del hospedador [9], es importante controlar estas interacciones complejas para disminuir la producción de micotoxinas, los hongos suelen crecer en un rango de temperatura de 10 a 40 °C, con un pH entre 4 y 8, y en niveles de actividad del agua (aw) superiores a 0,70 (aunque en ocasiones pueden desarrollarse incluso en superficies muy secas) [10].

Cuando hablamos de micotoxinas, nos referimos a un grupo de compuestos químicos de origen biológico que presentan distintas estructuras y mecanismos de acción. Las micotoxinas ingeridas por humanos o animales pueden causar una respuesta tóxica conocida como micotoxicosis, con manifestaciones graves, subcrónicas o crónicas en animales [11]. Las micotoxinas más frecuentes en los piensos animales incluyen las aflatoxinas, deoxinivalenol, zearalenona, fumonisinas, ocratoxinas A, y toxinas T-2 / HT-2 [12]. (Tabla 1).

Tabla 1. Principales efectos tóxicos de las micotoxinas en rumiantes. Recuperado [13].

| Sistema /órgano afectado                                | Micotoxinas                                                           | Efecto tóxico                                      |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Sistema reproductor<br>ZEN, alcaloides del <i>ergot</i> | ZEN, alcaloides del <i>ergot</i> , DON, T-2                           | Celos irregulares                                  |
|                                                         |                                                                       | Baja tasa de concepción                            |
|                                                         |                                                                       | Quistes ováricos                                   |
|                                                         |                                                                       | Pérdidas embrionarias                              |
|                                                         |                                                                       | Abortos                                            |
| Sistema nervioso                                        | Alcaloides del <i>ergot</i>                                           | Bajo desarrollo testicular                         |
|                                                         |                                                                       | Baja producción de esperma                         |
|                                                         |                                                                       | Infertilidad                                       |
|                                                         |                                                                       | Vulvovaginitis                                     |
|                                                         |                                                                       | Prolapso vaginal                                   |
| Sistema locomotor                                       | DON, alcaloides del <i>ergot</i>                                      | Deterioro de la termorregulación                   |
|                                                         |                                                                       | Convulsiones                                       |
| Sistema inmunitario                                     | AFs, toxinas T-2 y HT-2, DON, OTA, alcaloides del <i>ergot</i> , ZEA  | Leucopititis                                       |
|                                                         |                                                                       | Disminución del estatus inmunitario                |
| Aparato digestivo                                       | Toxinas T-2 y HT-2, DON, AFB1, OTA, alcaloides del <i>ergot</i> , PAT | Infecciones oportunistas                           |
|                                                         |                                                                       | Gastroenteritis                                    |
|                                                         |                                                                       | Hemorragias intestinales                           |
|                                                         |                                                                       | Deterioro de la función del rumen                  |
|                                                         |                                                                       | Diarrea                                            |
| Hígado                                                  | FBs, AFs                                                              | Cetosis                                            |
|                                                         |                                                                       | Apoptosis en hígado y retención biliar             |
|                                                         |                                                                       | Daño hepático                                      |
| Pulmones                                                | FBs                                                                   | Niveles séricos de AST, GGT y bilirrubina elevados |
|                                                         |                                                                       | Edema pulmonar interlobular                        |
| Riñones                                                 | OTA, FBs                                                              | Aumento del peso del riñón                         |
|                                                         |                                                                       | Lesiones renales                                   |
| Producción y calidad de <i>leche</i>                    | AFB1, toxinas T-2, DON                                                | Menor producción de leche                          |
|                                                         |                                                                       | Mastitis y aumento <i>de células</i> somáticas     |
| Productividad                                           | Toxinas T-2, DON, alcaloides del <i>ergot</i> , FBs, AFs              | Leche con AFM1                                     |
|                                                         |                                                                       | Menor consumo <i>de alimento</i>                   |
|                                                         |                                                                       | Menor eficiencia alimenticia                       |

Efectos de micotoxinas en la salud animal

La ingesta de silos contaminados genera efectos negativos ya que son metabolizadas por su organismo y excretadas a través de sus desechos biológicos. Sin embargo, también pueden acumularse en diversos órganos y tejidos, como el hígado, riñones, bazo, corazón y músculos. Además, una proporción significativa puede transferirse a productos de origen animal destinados al consumo humano, como la leche, carne y huevo; estos efectos son más severos en animales monogástricos, dependiendo de la especie y su vulnerabilidad a las toxinas [14]. No obstante, los rumiantes suelen ser considerados más resistentes a los efectos perjudiciales de las micotoxinas [15].

Las principales micotoxinas en la producción animal son las Aflatoxina, Ocratoxina A (OTA), Zearalenona (ZEN), Fumonisina (B1 y B2) y Tricotecenos.

### Aflatoxinas

Las aflatoxinas son micotoxinas producidas por cepas toxigénicas de los hongos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* [16].

Las aflatoxinas suelen identificarse con letras que indican una característica física u otra propiedad del compuesto. Por ejemplo, las aflatoxinas B1 y B2 emiten fluorescencia azul, mientras que las G1 y G2 presentan fluorescencia verde cuando se exponen a radiación ultravioleta de onda larga. Las cepas toxigénicas de *Aspergillus flavus* generalmente producen únicamente aflatoxinas B1 y B2, mientras que las de *Aspergillus parasiticus* pueden generar aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 [17,18].

### Ocratoxina

La ocratoxina A (OTA) es una micotoxina generada por hongos filamentosos pertenecientes a los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, siendo *A. ochraceus*, *P. verrucosum* y *A. carbonarius* las principales especies productoras. Fue identificada por Van der Merwe en 1965 [19].

Si bien en los animales de granja las intoxicaciones graves por ingestión de OTA no son raras [20], en los seres humanos los casos de toxicidad aguda son poco documentados [21]. Actualmente, la principal preocupación radica en sus efectos a largo plazo, especialmente por su potencial mutagénico y cancerígeno [22].

### Zearalenona (ZEN)

La zearalenona (ZEN), también llamada toxina F-2, es una micotoxina frecuente. Se trata de metabolitos tóxicos producidos por hongos del género *Fusarium*, tales como *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium equisetum* y *Fusarium nivale* [23, 24].

La ZEN y sus derivados producen efectos similares a los del estrógeno en ratas, ratones, conejos y cobayas. La toxicidad en el desarrollo de las células germinales y embrionario en animales o humanos se debe principalmente a cuatro mecanismos; la unión a los receptores de estrógenos como un compuesto estrógeno, lo que causa daño directo a las células germinales y los órganos; la destrucción de la barrera hemato-testicular, afectando las células germinales; el aumento del estrés oxidativo, que daña el sistema antioxidante del cuerpo; la promoción de la apoptosis celular mediante daño al ADN, lo que provoca respuestas inflamatorias y trastornos en la secreción hormonal [25]. La ZEN provoca disfunción reproductiva (infertilidad o disminución de la fertilidad), dilatación de ovarios y útero, prolapso vaginal, hinchazón vulvar, disminución del recuento de espermatozoides, y reducciones en los niveles de testosterona en suero y progesterona en ratas, ratones, cerdos y ganado. Además, la ZEN puede reducir el peso fetal cuando se excede su dosis crítica [23,26]. Igualmente, la ZEN altera el desarrollo de los ovocitos y los folículos, así como provoca partos prematuros y abortos en ratones [27]. De manera similar, lechones destetados de 42 días fueron tratados con ZEN a través de dietas diarias para estudiar sus efectos en el crecimiento, los órganos reproductivos y la función inmunológica. Se observó que la longitud, el ancho y el área de las vulvas de los lechones aumentaron considerablemente, su eje hipotálamo-hipófisis-ovarios se alteró, y los niveles de estradiol, progesterona, hormona luteinizante, hormona foliculoestimulante, y el rendimiento reproductivo de los lechones disminuyeron significativamente [28].

### Fumonisin (B1 y B2)

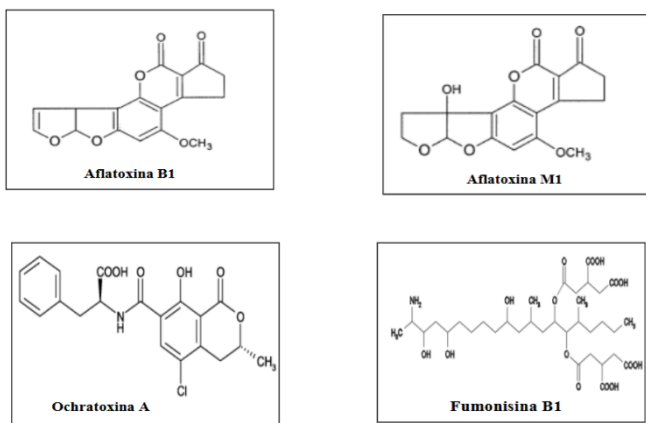
Las fumonisin (B1 y B2) son metabolitos producidos por *Fusarium proliferatum* y *F. verticillioides*. Se ha reportado que el metabolito FB1 es el más tóxico, promoviendo la formación de tumores en ratas [29]. Se sugiere que los isómeros de aminopentol, que se forman mediante la hidrólisis básica del ácido tricarbálico esterificado de la FB1, tienen efectos tóxicos debido a su estructura similar a las bases esfingoides [30]. Estas fumonisin afectan principalmente a caballos, cerdos y aves, siendo los rumiantes aparentemente menos sensibles a este tipo de contaminación [31]. Sin embargo, cuando se alimenta a vacas lecheras con trigo contaminado por *Fusarium*, se observa un aumento en la degradación de las proteínas crudas y una reducción en el porcentaje molar de propionato en el rumen [32].

### Tricotecenos

Los tricotecenos son micotoxinas producidas por diversas especies de *Fusarium*, como *F. sporotrichioides*, *F. graminearum*, *F. poae* y *F. culmorum*. También pueden ser generados por hongos de otros géneros, como *Trichothecium* [33]. Entre los tricotecenos se encuentran la toxina T-2, diacetoxiscirpenol (DAS), deoxinivalenol (DON o vomitoxina) y nivalenol. La toxina T-2 y el DAS son considerados los más tóxicos. Se ha comprobado

que cerdos y aves son particularmente sensibles a la toxina T-2 y al DON [34]. No obstante, los rumiantes parecen ser menos vulnerables a estas micotoxinas. Se ha señalado que los tricotecenos podrían ser utilizados como agentes de guerra biológica. Estas toxinas pueden provocar pérdida de peso, vómitos, problemas cutáneos graves y hemorragias, y en ciertos casos, ser responsables de la muerte de los animales [35].

La toxicidad de las micotoxinas en los animales puede manifestarse de forma aguda debido a una ingestión elevada de la toxina, o de manera crónica por una exposición prolongada a niveles bajos de micotoxinas [36]. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 1993) clasifica las aflatoxinas (B1 y M1) y la ocratoxina A como carcinógenas, mientras que la fumonisina B1 se considera un posible carcinógeno.



**Figura 1. Estructura de micotoxinas.** Recuperado [36]

## Conclusiones

Las micotoxinas representan una amenaza significativa para la producción animal, ya que pueden afectar tanto la salud de los animales como la calidad de los productos derivados de ellos. La exposición a estas micotoxinas ya sea de forma aguda o crónica, puede generar trastornos reproductivos, pérdida de peso, alteraciones en el sistema inmunológico y en algunos casos, la muerte de los animales. Además, la presencia de micotoxinas en los alimentos y piensos no solo compromete el bienestar animal, sino que también afecta la seguridad alimentaria, al poner en riesgo la salud humana a través del consumo de productos contaminados. Por ello, la vigilancia y control de las micotoxinas en la cadena de producción animal son esenciales para garantizar una producción saludable y sostenible, así como para proteger la salud pública y la economía agropecuaria.

## Referencias

- [1] Singer, S. D., Hannoufa, A., & Acharya, S. (2018). Molecular improvement of alfalfa for enhanced productivity and adaptability in a changing environment. *Plant, cell & environment*, 41(9), 1955-1971.
- [2] Avcı, M., Cinar, S., Yücel, C., & Inal, I. (2010). Evaluation of some selected alfalfa (*Medicago sativa* L.) lines for herbage yield and forage quality.
- [3] Mendoza Pedroza, S. I., Hernández Garay, A., Pérez Pérez, J., Quero Carrillo, A. R., Escalante Estrada, J. A. S., Zaragoza Ramírez, J. L., & Ramírez Reynoso, O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(3), 287-296.
- [4] Bennett, J.W.; Klich, M. Mycotoxins. *Clin. Microb. Rev.* 16(3):497–516. 2003. <https://doi.org/b5hqkc>
- [5] Atanda, S.A.; Pessu, P.O.; Agoda, S.; Isong, I.U.; Adekalu, O.A.; Echendu, M. A.; Falade, T.C. Fungi and mycotoxins instored foods. *Afr. J. Microbiol. Res.* 5(25): 4373–4382. 2011. <https://doi.org/dq58cw>.
- [6] Bezerra, M.E.; Oliveira, F.; Feitosa, F.; Florindo, M.; Rondina, D. Mycotoxins and their effects on human and animal health. *Food Contr.* 36(1): 159–165. 2014. <https://doi.org/jxcm>.
- [7] Alshannaq, A.; YU, J. Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health.* 14(632): 1–20. 2017. <https://doi.org/gbkxkq>.
- [8] Huerta-Treviño, A., Dávila-Aviña, J. E., Sánchez, E., Heredia, N., & García, S. (2016). Occurrence of mycotoxins in alfalfa (*Medicago sativa* L.), sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], and grass (*Cenchrus ciliaris* L.) retailed in the state of Nuevo León, México. *Agrociencia*, 50(7), 825-836.
- [9] Huerta-Treviño, A., Dávila-Aviña, J. E., Sánchez, E., Heredia, N., & García, S. (2016). Occurrence of mycotoxins in alfalfa (*Medicago sativa* L.), sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], and grass (*Cenchrus ciliaris* L.) retailed in the state of Nuevo León, México. *Agrociencia*, 50(7), 825-836.
- [10] Lacey J. 1991. Natural occurrence of mycotoxins in growing and conserved forage crops. In: Smith JE, Henderson RE, editors. *Mycotoxins and animal foods*. Boca Raton, Fla.: CRC Press. p 363–97
- [11] Streit, E., K. Naehrer, I. Rodrigues, and G. Schatzmayr. 2013. Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: long-term analysis with special focus on Europe and Asia. *J. Sci. Food Agric.* 93: 2892-2899.
- [12] Bryden, W. L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Anim. Feed Sci. Technol.* 173: 134-158.
- [13] Ramos J.A, Sanchis V., Molino F., Marin S. 2021. Las micotoxinas en la alfalfa y sus ensilados: todo un mundo aun por explorar. *Tierras: Agricultura*, ISSN-e 2696-3752, ISSN 1889-0776, N°. 296, 2021 (Ejemplar dedicado a: La viña renace en un mercado complejo), págs. 82-88.
- [14] Upadhaya, S. D., Park, M. A., & Ha, J. K. (2010). Mycotoxins and their biotransformation in the rumen: a review. *Asian-Australasian Journal of animal sciences*, 23(9), 1250-1260.
- [15] Fink-Gremmels, J. 2008. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. *Vet. J.* 176: 84-92
- [16] Ciegler, A. Mycotoxins: occurrence, chemistry, biological activity. *Lloydia* 1975; 38: 21-35
- [17] Mirocha C, Pathre S, Christensen, C. *Mycotoxins: Economic microbiology*. London: Academic Press, 1979: 468-83.
- [18] Hesseltine C, Sorrenson W, Smith M. Taxonomic studies of the aflatoxin producing strains in the *Aspergillus flavus* group. *Micología* 1970: 123-32.

- [19] Van der Merwe KJ, Steyn PS, Fourie L, Scott B, Theron JJ (1965). Ochratoxin A, a toxic metabolite produced by *Aspergillus ochraceus*. *Nature* 4976: 1112-3.
- [20] Kuiper-Goodman y Scott PM (1989). Risk assessment of the mycotoxin ochratoxin A. Review. *Biomedical and Environmental sciences* 2: 179-248.
- [21] Di Paolo N, Guarnieri A, Garosi G, Sacchi G, Mangiarotti AM, Di Paolo M (1994). Inhaled mycotoxins lead to acute renal failure. *Nephrol Dial Transplant* 9 Suppl 4: 116-20.
- [22] Arbillaga, L., Ezpeleta, O., & de Cerain, A. L. (2004). ¿ Es la Ocratoxina A una micotoxina mutagénica?. *Revista de toxicología*, 21(1), 1-10.
- [23] Bennett, J.W.; Klich, M. Mycotoxins. *Clin. Microbiol. Rev.* **2003**, 16, 497–516.
- [24] Zinedine, A.; Soriano, J.M.; Moltó, J.C.; Mañes, J. Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An oestrogenic mycotoxin. *Food Chem. Toxicol.* **2007**, 45, 1–18.
- [25] Yang, D.; Jiang, X.; Sun, J.; Li, X.; Li, X.; Jiao, R.; Peng, Z.; Li, Y.; Bai, W. Toxic effects of zearalenone on gametogenesis and embryonic development: A molecular point of review. *Food Chem. Toxicol.* **2018**, 119, 24–30.
- [26] Yang, J.Y.; Wang, G.X.; Liu, J.L.; Fan, J.J.; Cui, S. Toxic effects of zearalenone and its derivatives  $\alpha$ -zearalenol on male reproductive system in mice. *Reprod. Toxicol.* **2007**, 24, 381–387.
- [27] Wang, Y.; Li, L.; Wang, C.C.; Leung, L.K. Effect of zearanol on expression of apoptotic and cell cycle proteins in murine placenta. *Toxicology* **2013**, 314, 148–154.
- [28] Su, Y.; Sun, Y.; Ju, D.; Chang, S.; Shi, B.; Shan, A. The detoxification effect of vitamin C on zearalenone toxicity in piglets. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2018**, 158, 284–292.
- [29] Gelderblom, W. C., K. Jaskiewicz, W. F. Marasas, P. G. Thiel, R. M. Horak, R. Vleggar and N. P. Kriek. 1988. Fumonisin novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:1806-1811.
- [30] Humpf, H. U., E. M. Schmelz, F. I. Filmore, H. Vesper, T. R. Vales, E. Wang, D. S. Menaldino, D. C. Liotta and A. H. Merrill. Jr. 1998. Acylation of naturally occurring and synthetic deoxysphingamines by ceramide synthase. *J. Biol. Chem.* 273: 19060-19064.
- [31] Yiannikouris, A. and J. P. Jouany. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. *Anim. Res.* 51:81-99.
- [32] Tiemann, U. and S. Danicke. 2007. In vivo and in vitro effects of the mycotoxins zearalenone and deoxynivalenol on different non-reproductive and reproductive organs in female pigs: A review. *Food Addit. Contam.* 24(3):306-314.
- [33] Jones, E. R. H. and G. Lowe. 1960. The biogenesis of tricothecenes. *Chem. Soc. J.* 63:3959-3962.
- [34] Friend, D. W., B. K. Thompson, H. L. Trenholm, H. J. Boermans, K. E. Hartin and P. L. Panich. 1992. Toxicity of T-2 toxin and its interaction with deoxynivalenol when fed to young pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 72:703-711.
- [35] Yiannikouris, A. and J. P. Jouany. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. *Anim. Res.* 51:81-99.
- [36] Denli, M., & Pérez, J. F. (2006). Contaminación por micotoxinas en los piensos: efectos, tratamiento y prevención. *XXII Curso de Especialización. FEDNA*, 1-18.