



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**“CONTAMINACIÓN DE MICOTOXINAS EN ALIMENTOS
BALANCEADOS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR: EDWIN SAUL CHULLI YUPANGUI

DIRECTOR: Ing. JESÚS RAMÓN LÓPEZ SALAZAR, MSc

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023 Edwin Saul Chulli Yupangui

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, **Edwin Saul Chulli Yupangui**, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de enero del 2023



Edwin Saul Chulli Yupangui

CI:060581193-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**CONTAMINACIÓN DE MICOTOXINAS EN ALIMENTOS BALANCEADOS**” realizado por el señor: **EDWIN SAUL CHULLI YUPANGUI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Georgina Ipatia Moreno Andrade PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-01-11
Ing. Jesús Ramon López Salazar Ms.C DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2023-01-11
Ing. Paola Fernanda Arguello Hernández Ms.C ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2023-01-11

DEDICATORIA

Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy. A mi esposa Margarita Paguay. Por su paciencia por tu comprensión, por tu empeño, por tu fuerza, por tu amor. Debo perderle perdón porque ha sufrido el impacto directo de las consecuencias del trabajo realizado. Realmente, ella me ayuda a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial. Nunca dejare de estar agradecido por esto.

A mi hija Valentina. Su nacimiento ha sido una gran bendición, ha coincidido con la finalización de la tesis. Sin duda ella es lo mejor que me ha pasado, ya que ha llegado en el momento justo para el último empujón que me faltaba para terminar este trabajo y logra el sueño tan anhelado

A mi familia en especial a mi madre y mi hermana quienes con su amor paciencia, y esfuerzo me han permitido llegar cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mi el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Me han enseñado a ser la persona que soy hoy en día, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

Edwin Saul

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es a Dios en primer lugar por darme la vida, bendecirme y darme fuerza para poder llegar culminar mis estudios. Agradezco a mi Madre y mi hermana por su cariño, amor y su apoyo incondicional y haberme enseñado Principios y Valores por ser el pilar fundamental de mi vida. A mi esposa y a mi hija que siempre me dan su apoyo en los momentos oportuno con su amor, sacrificio y esfuerzo. Al Ing. Jesús López y la Ing. Paola Arguello por su tiempo estipulado para poder concluir mi titulación.

Edwin Saul

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRAC.....	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL	2
<i>1.1. Hongos patógenos.....</i>	<i>2</i>
<i>1.2.3. Clasificación de los hongos de acuerdo a la importancia agrícola</i>	<i>3</i>
1.3. Micotoxinas	4
1.4. Hongos que producen micotoxinas	4
<i>1.4.1. Aspergillus flavus.....</i>	<i>5</i>
<i>1.4.2. Las micotoxinas del aspergillus</i>	<i>6</i>
<i>1.4.3. Ocratoxinas (OTA)</i>	<i>7</i>
<i>1.4.4. Penicillium expansum p</i>	<i>9</i>
<i>1.4.5. Fusarium graminearum</i>	<i>10</i>
1.5. Cinética para el desarrollo fúngico	12
1.6. Toxicidad de las micotoxinas	13
1.7. Principales efectos fisiopatológicos producidos por las micotoxinas.....	13
1.8. Factores que afectan al desarrollo fúngico y a la producción de micotoxinas	14
1.9. Factores intrínsecos.....	14
<i>1.9.1. Actividad de agua.....</i>	<i>14</i>
<i>1.9.2. Relación entre la actividad de agua y la temperatura</i>	<i>15</i>
<i>1.9.3. pH</i>	<i>15</i>
<i>1.9.4. Factores químicos</i>	<i>16</i>
1.10. Factores extrínsecos	17
<i>1.10.1. Temperatura.....</i>	<i>17</i>
<i>1.10.2. Humedad relativa.....</i>	<i>17</i>
<i>1.10.3. Atmósfera</i>	<i>17</i>
1.11. Producción de alimentos balanceados	18

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA	20
-----------------------------	-----------

2.1.	Búsqueda de la información	20
2.2.	Criterios de selección	20
2.3.	Método de la sistematización de la información.....	21

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN	22
3.1.	Micotoxinas en alimentos balanceados destinados a porcinos, bovinos y aves.....	22
3.2.	Grado de peligrosidad de las micotoxinas en la especie animal y humana.	27
3.2.2.	<i>Peligrosidad de las micotoxinas en la salud del bovino y del ser humano.....</i>	29
3.2.3.	<i>Peligrosidad de las micotoxinas en la salud de las aves y del ser humano.</i>	32
3.3.	Comparación de los métodos utilizados por los diferentes autores para la cuantificación de las micotoxinas en alimentos balanceados	35

	CONCLUSIONES.....	39
--	--------------------------	-----------

	RECOMENDACIONES.....	40
--	-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Hongos patógenos presentes en cultivos	3
Tabla 2-1:	Especies fúngicas productoras de micotoxinas.....	4
Tabla 3-1:	Comparación de aw para la producción de toxinas en especies de Aspergillus	6
Tabla 4-1:	Limites máximos de deoxinivalenol.....	12
Tabla 5-1:	Toxicidad en la salud humana	13
Tabla 6-1:	Valores de temperatura, aw y pH para el crecimiento de micotoxinas.....	15
Tabla 1-3:	Principales micotoxinas que afectan a los cerdos, bovinos y aves	22
Tabla 2-3:	Micotoxinas encontradas en materias primas destinadas a alimentación animal.	24
Tabla 3-3:	Grado de peligrosidad de micotoxinas en la salud del animal y ser humano.	28
Tabla 4-3:	Grado de peligrosidad en la salud humana como en e de bovinos.....	29
Tabla 5-3:	Grado de peligrosidad de las micotoxinas en la salud animal de la aves	33
Tabla 6-3:	Grado de peligrosidad de las en la salud animal de la aves ponedoras.....	34
Tabla 7-3:	Métodos para la detección de la micotoxinas de balanceados.....	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Estructuras con esporas internas	3
Ilustración 2-1:	Estructuras morfológicas de <i>Aspergillus flavus</i>	6
Ilustración 3-1:	Morfología del hongo <i>fusarium graminearum</i>	10
Ilustración 4-1:	Maíz contaminado por <i>Fumonisin</i> as	11
Ilustración 5-1:	Cinética de crecimiento	12
Ilustración 6-1:	Riesgos para la salud humana	13
Ilustración 7-1:	Velocidad relativa	14
Ilustración 8-1:	Diagrama de proceso de producción de balanceados.....	18

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación bibliográfica fue indagar las micotoxinas presentes en los alimentos balanceados destinados a diferentes especies de animales. Para esto se utilizó una metodología con un alcance estratégico que se basa en la búsqueda de investigaciones amplias de carácter general o especializado que está fundamentado en la indagación meticulosa de varios repositorios de instituciones de educación superior, revistas científicas, y journals, con el fin de obtener los conocimientos necesarios para integrar las diferentes obras de consulta. La información y su estructura que registra la tesina está compuesta del 90 % de fuentes bibliográficas de los últimos 5 años y el 10% de años anteriores. Se obtuvo como resultado las micotoxinas más relevantes (65%) aflatoxinas (AF), (66%) la Ocratoxina A (OTA), (59%) la Zearalenona (ZEN), y las Fumonisin (F) (100 %). Además, los métodos de detección de micotoxinas más utilizados fueron: ELISA, cromatografía en capa fina (TLC), cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) y cromatografía líquida-espectrometría de masas (LC-MS). De estos métodos ELISA es un método de elección cuando se requiere un análisis rápido, pero requiere un análisis confirmatorio por LC-MS/MS. De ahí que LC-MS/MS es el método de análisis más confiable, seguro y preferido para las micotoxinas en muestras de alimentos y piensos. Concluyendo que las micotoxinas son altamente peligrosas en especial afectan principalmente a los porcinos, bovinos y aves por lo que se recomienda desarrollar unas buenas prácticas agrícolas mejorando la selección de los ingredientes (materia prima).

Palabras clave: <HONGOS>, <MICOTOXINAS>, <BALANCEADOS>, <SALUD HUMANA Y ANIMAL>, <CUANTIFICACIÓN>, <METODOLOGÍA>.



DBRA
Ing. Cristhian Castro

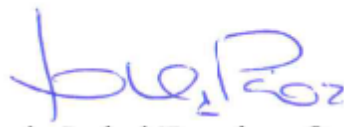


0568-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

This bibliographical review was carried out to investigate the types of mycotoxins found in balanced feed intended for different animal species. In addition, it explains the level of danger of each mycotoxin based on its effect on animal and human health and compares the methods used for the quantification of mycotoxins. The most relevant researchers state that mycotoxins stand out determining the levels of contamination of (65%) aflatoxins (AF), (66%) ochratoxin A (OTA), (59%) zearalenone (ZEN), and fumonisins. (F) (100%). In addition, within the level of danger of mycotoxins on animal health, these are located in the médium-high range. The consumption of foods with mycotoxins (AFB1) can be carcinogenic for human health affecting the liver and kidneys causing dysfunction. The most used mycotoxin detection methods were: ELISA, thin-layer chromatography (TLC), high-performance liquid chromatography (HPLC), and liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS). Among these methods, ELISA is a method of choice when a rapid analysis is required, but requires a confirmatory analysis by LC-MS/MS. Hence, LC-MS/MS is the most reliable, safe, and preferred method of analysis for mycotoxins in food and feed samples. Finally, it is recommended to promote different strategies to reduce mycotoxin contamination by developing good agricultural practices and improving the selection of ingredients (raw material).

Keywords: <FUNGI>, <MYCOTOXINS>, <BALANCED>, <HUMAN AND ANIMAL HEALTH>, <QUANTIFICATION>, <METHODOLOGY>.



Dra. Gloria Isabel Escudero Orozco MsC.

0602698904

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos de forma natural por algunos tipos de hongos filamentosos como el *aspergillus parasiticus*, *aspergillus flavus*, *fusarium sporotrichioides*, *fusarium graminearum*, *penicillium verrucosum* presentes en numerosos alimentos, tales como cereales, frutas desecadas, frutos secos y especias. Su crecimiento se favorece bajo condiciones óptimas de temperatura que oscilan entre los 20-25 °C, requieren un pH entre 4 a 8 con humedades relativas del 80 a 90 % y puede tener lugar antes o después de la cosecha (OMS, 2018, p.5). No obstante, se conoce entre 300 a 400 micotoxinas, aquellas que vienen a ser consideradas actualmente de importancia mundial y por su toxicidad en la producción pecuaria se encuentran las: *aflatoxinas*, *tricotecenos*, *zearalelona*, *fumonisinias*, *ocratoxina A*, *patulina* (FAO, 2003, p.9).

La amplia variedad de micotoxinas hace que sea cada vez más importante analizar las materias primas antes que se encuentren en la cadena alimentaria. Según (AESAN, 2021, p. 3), menciona que la presencia de micotoxinas en los alimentos y piensos puede afectar a la salud humana y animal ya que pueden causar efectos adversos en la salud. Así mismo, cuando el alimento contaminado es ingerido, las micotoxinas pueden causar varios efectos tóxicos, llamados micotoxicosis (Biomin G, 2018). Algunas micotoxinas como las aflatoxinas (B1, B2, G1, G2 y M1), fumonisinas (B1 y B2) producen efectos cancerogénicos, además de otras patogenicidades provocadas por su toxicidad (Ostry V *et al.*, 2017). La fumonisina B1 promueve cáncer y defectos en el tubo neural en animales y cáncer hepático y esofágico en humanos (Moretti A *et al.*, 2013) Los animales que consumen alimentos contaminados por aflatoxinas pueden transferir este contaminante a la carne, leche y huevos exponiendo al ser humano a poner en riesgo su salud al ser consumidos (FDA 2020).

Las dietas suministradas al ganado estabulado mayormente están elaboradas con granos como el maíz y soya, los cuales son la fuente de energía y proteína. Desafortunadamente, cerca del 25% de la producción global de granos se contaminan por micotoxinas cada año (Marin et al. 2013). Por lo tanto, existe una posibilidad latente que los piensos destinados para la alimentación del ganado de engorde estabulado presenten contaminación por micotoxinas. Por tal motivo, la presente investigación bibliográfica tiene como objetivos, investigar los tipos de micotoxinas encontradas en alimentos balanceados destinados a diferentes especies animales. Explicar el grado de peligrosidad de cada micotoxina en función de su efecto sobre la salud del animal y del ser humano y finalmente comparar los métodos usados para la cuantificación de las micotoxinas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1. Hongos patógenos

Los hongos son organismos indispensables para la vida en la tierra debido que descomponen materia muerta de las plantas y animales, además son responsables de las enfermedades a sus hospederos y en casos extremos son causantes de muerte. La capacidad que presentan estos organismos vivos para la adaptación a los ambientes depende de su contenido del genoma, lo cual aumenta sus posibilidades de sobrevivir. Existe varios estudios que nos permiten conocer los cambios que ocurren en las poblaciones de los microorganismos e interviene en los cambios genéticos; entre ellos están la mutación, recombinación el flujo de genes y la selección (Sánchez G & Canche B et al, 2005 p,71).

En contraste, producen compuestos tóxicos y se encuentran presentes como contaminantes en alimentos del consumo humano y animal siendo perjudiciales para la salud (Santillán R *et al*, 2017, p. 2). Estos últimos, que son los productores de micotoxinas, son organismos eucariotas multicelulares, constituidos por micelios verdaderos. Además, carecen de clorofila y están formados por una serie de células alineadas, llamadas hifas. El micelio es el conjunto de hifas ramificadas, y resulta visible sobre el alimento donde se desarrolla, bien en superficie o en el interior, con un aspecto y color característicos.

Los hongos utilizan para su crecimiento una serie de sustancias químicas denominadas metabolitos primarios, como pueden ser los ácidos nucleicos, proteínas carbohidratos y lípidos. Sin embargo, existe la formación de metabolitos secundarios que no forman parte del desarrollo de los hongos, y dentro de este grupo se encuentran los antibióticos y las micotoxinas (Dolores M & Ortega V, 2011, p. 5).

1.2. Ciclos biológicos de los hongos

La reproducción de los hongos puede ser sexual o asexual y, en ambos casos las esporas son las estructuras responsables de dispersar la progenie para colonizar nuevas localizaciones, en el crecimiento patógeno de los hongos se debe tomar a consideración los factores internos y externos para su posterior desarrollo biológico.

1.2.1. Reproducción asexual

La forma simple de reproducción asexual es la producción de artroconidios que son producidos por las hifas que se separan y se fragmentan y también los clamidoconidios que son rodeados y están inflados con alimentos de reserva. Las esporas asexuales pueden ser producidas en los extremos de las hifas o en estructuras especializadas llamados esporangios (Pérez G, 2016, p. 1-34). Ver ilustración 1-1.



Ilustración 1-1: Estructuras con esporas internas

Fuente: Pérez G, 2016, p. 7

1.2.2. Reproducción sexual

La reproducción sexual de los hongos es producir esporas que germinan bajo condiciones favorables se produce en un estado diploide, en el que los cromosomas están pareados y la fusión celular es seguida por una meiosis del núcleo del cigoto. Los órganos sexuales de los hongos se denominan gametangios, estos son diferenciados desde las hifas vegetativas (Pérez G, 2016, p. 1-34).

1.2.3. Clasificación de los hongos de acuerdo a la importancia agrícola

La tabla 1-1 presenta la clasificación de los hongos de acuerdo a la parte vegetativa a la que afecta en varios cultivos.

Tabla 1-1: Hongos patógenos presentes en cultivos

Nombre científico	Cultivo	Parte a la que afecta	Mutación	Reproducción	Flujo gene sexual
<i>Rhynchosporium secalis</i>	Cebada	Raíz	Baja	Sexual/Asexual	Alto
<i>Leptosphaeria maculans</i>	Centeno	Hojas y tallo	Baja	Sexual/Asexual	Moderado
<i>Phytophthora sojae</i>	Soya	Raíz y hoja	Baja	Asexual	Bajo
<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	Raíz	Baja	Sexual/Asexual	Bajo

Fuente: Sánchez G & Canche B et al, 2005

Realizado por: Edwin Chulli, 2023

Con respecto a la agricultura mundial los hongos fitopatógenos causantes de enfermedades de pre y postcosecha en los cultivos de hortalizas, cereales y frutas han sido responsables de las pérdidas económicas cuantiosas; en especial para la elaboración de balanceados los cultivos más afectados son la cebada, centeno trigo, soya, y arroz (Sánchez G & Canche B *et al*, 2005).

1.3. Micotoxinas

Las micotoxinas que se deriva de la palabra griega *mikes* y *toxica* que significan hongo y veneno respectivamente, son moléculas relativamente pequeñas ($Pm < 700$) que son visualizadas su estructura de una mejor manera a través de un microscópico puesto que a la vista del ser humanos es difícil observarlas. En general las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos por ciertas cepas de hongos al final de la fase exponencial, cuando han infestado productos agrícolas (cereales o frutos secos) o también al principio de la fase estacionaria del crecimiento del moho. La FAO estima que el 25 % de las cosechas mundiales de granos a nivel mundial se encuentran infectados por hongos toxicogénicos y han generado grandes pérdidas económicas. (Ruiz Q, 2016 p. 387).

1.4. Hongos que producen micotoxinas

Las micotoxinas tienen afinidad por los lípidos por lo tanto tienden a acumularse en la fracción grasa de plantas y animales En general, las toxinas se clasifican de acuerdo a la especie fúngica de la que se aislaron, a su estructura química y al modo de acción (Fernández, Belío, Ramos, Sanz y Sáez, 1997; Zain, 2011). Ver la tabla 2-1

Tabla 2-1: Especies fúngicas productoras de micotoxinas

Hongo productor	Micotoxina	Efectos tóxicos	Alimentos afectados
<i>Aspergillus flavus</i> y <i>A. parasiticus</i>	Aflatoxinas (B1, M1, G1, B2, y G2)	Mutagénicas, teratogénicas, genotóxicas, inmunotóxicas	Maíz, cacahuete y algodón (los más afectados) Frutos secos, arroz, trigo, semillas de girasol, higos.
<i>Aspergillus ochraceus</i> y <i>Penicilium verrucosum</i>	Ocratoxina A	Nefrotóxica, inmunotóxicas, teratogénica,	Trigo (el más afectado) Maíz, cebada, centeno, avena, arroz,
<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. versicolor</i> y <i>A. nidulans</i>	Esterigmatocistina	Hepatóxica, nefrotóxica, mutagénica, inmunotóxicas	Trigo, maíz, cebada, centeno, avena, arroz
<i>Fusarium graminearum</i> y <i>F. culmorum</i>	Deoxinivalenol	Trastornos gastrointestinales.	Trigo y maíz (los más afectados)

Fuente: Fernández, Belío, Ramos, Sanz y Sáez, 1997; Zain, 2011

Realizado por: Chulli Edwin , 2023

Entre los organismos que estudian los micólogos se encuentran algunos que presentan características tan distintas como la de incluir fases ameboideas, células móviles flageladas, células levaduriformes o diversas formas filamentosas. Actualmente se considera que los hongos están repartidos en tres reinos *Protozoa*, *chromista* y *fungi*. De estos tres reinos únicamente el *fungi* integra exclusivamente los hongos que tiene importancia como productores de micotoxinas. Las *aflatoxinas*, *la citrinina*, las Fumonisinias, Ocratoxina A, patulina, zearalenona se considera entre las micotoxinas mas importantes. Fundamentalmente son producidas por los géneros *aspergillus*, *fusarium* y *penicillum* que son lis que agrupan un mayor número de especie productoras de micotoxinas (José M *et al* 2015).

1.4.1. *Aspergillus flavus*

En general el *Aspergillus* es un género que contiene alrededor de unas 200 especies (mohos), y es ubicuo. Es un hongo filamentosos (compuesto de cadenas de células, llamadas hifas), diferente a las levaduras, estas últimas compuestas de una sola célula redondeada. Sin embargo, un número pequeño de especies pertenecientes al género *Aspergillus* se encuentran asociadas a plantas, dónde compiten directamente con otros géneros como *Fusarium* y *Penicillium* (Bonifaz A, 2012, p. 381-396). Así mismo, forma colonias de crecimiento rápido, entre 3 a 5 días, éstas comienzan con una tonalidad blanco-amarillenta, algodonosas y con el tiempo se tornan pulverulentas y con tonalidades verdosa o verde-amarillentas.

Entre estas especies se encuentra *Aspergillus flavus*, capaz de contaminar productos agropecuarios primarios en el campo, durante la cosecha, en almacenamiento o durante su procesado industrial. La presencia de *A. flavus* ha sido reportada en números cultivos como algodón, frutos secos, higos, maíz y maní entre otros. En general, estudios ecológicos indican que *A. flavus* tiene la capacidad de crecer en sustratos con actividad agua entre 0,76 y 0,98. En cuanto a la temperatura, esta especie crece en un rango entre 15 y 45°C, con un óptimo de 30°C (Camiletti B, 2018, p. 12-13).

Aspergillus flavus y otras especies de la sección Flavi como *A. parasiticus* y *A. fumigatus*, producen metabolitos secundarios tóxicos denominados aflatoxinas (Ilustración 2-1). Estas micotoxinas incluyen un grupo de 20 metabolitos químicamente relacionados, de los cuáles cuatro tipos mayoritarios han sido identificados como B1, B2, G1 y G2. Los metabolitos secundarios pueden resultar mortales para la salud del ser humano y la de los animales que lo ingieren, por ello es indispensable el control fitosanitario de las materias primas, en especial los cereales, ya que los hongos son huéspedes en estos alimentos (Martínez H *et al.* 2013). Ver la ilustración 2-1

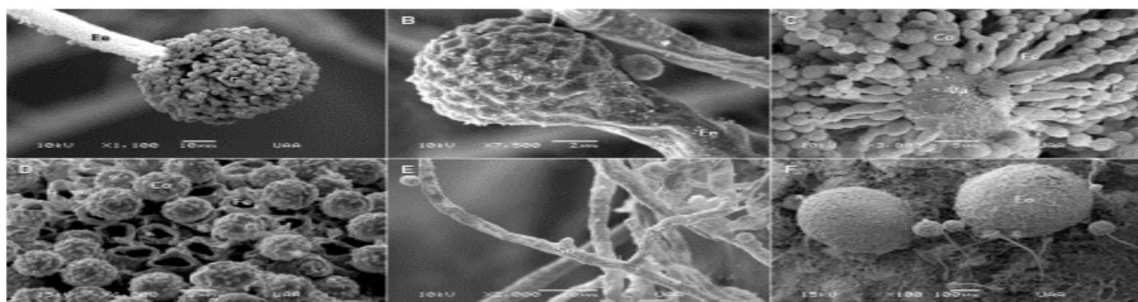


Ilustración 2-1: Estructuras morfológicas de *Aspergillus flavus*

Fuente: Rangel J, 2019.p. 442

Páneles: A) Cc = cabeza conidial, Ee = estípite. B) Va = vesícula. C) conidióforo. Fe = fíalides, Co = conidio. D) Cc = conidio, Fe = fíalide. E) Mo = micelio, So = septo. F) Esclerocio = Eo.

Tabla 3-1: Comparación de a_w mínima para la producción de toxinas en especies de *Aspergillus*

Especie	Micotoxina	Actividad de agua (a_w)	
		Crecimiento	Producción de toxinas
A. flavus	Aflatoxina	< 0.80	0.82
A. parasiticus	Aflatoxina	0.84	0.87
A. ochraceus	Ocratoxina	0.77	0.85
A. ochraceus	Ácido penicílico	0.77	0.88
A. clavatus	Patulina	0.88	0.99

Fuente: Sweeney, M 1998, p. 141-148

Realizado por: Chulli Edwin, 2023

La tabla 3-1 presenta a distintas especies de *Aspergillus* que ha sido estudiada por varios investigadores debido a sus propiedades industriales, de deterioro y su capacidad de producir micotoxinas. Además, se muestra el agua disponible que oscila desde < 0.80 a 0.99 que están relacionada con si crecimiento y producción de toxinas.

1.4.2. Las micotoxinas del *aspergillus*

1.4.2.1. Aflatoxinas

Según (Acosta S, 1994. P. 36) menciona la importancia de las aflatoxinas y el riesgo que representan para la salud pública, así como las pérdidas económicas por la baja calidad del grano, limitaciones en las exportaciones, costo de manejo, análisis y eliminación de material contaminado. Además, se ha demostrado que poseen potente efecto carcinogénico en animales de laboratorio y efectos toxicológicos agudos en humanos. (Zumbado C & Ulloa M *et al*, 2014, p. 1-6).

Los tipos de aflatoxinas son denominados B1, B2, G1, G2 o sus productos metabólicos M1 y M2. Las letras B y G se refieren al color de la fluorescencia (celeste y verdosa) observada bajo luz UV mientras que los subíndices 1 y 2 indican componente mayor y menor respectivamente. Según Detroy (1971) en estado puro son polvos cristalinos que se descomponen al alcanzar el punto de fusión B1 (268-269°C), B2 (286-289°C), G1 (244-246°C), G2 (237-240°C), M1 (299°C) y M2 (330°C). Estas toxinas se encuentran con más frecuencia sobre oleaginosas, aunque también en cereales, especialmente de zonas cálidas. Las aflatoxinas M1 y M2 son el producto metabólico hidroxilado de las B1 y B2. Alrededor del 1% de la aflatoxina B1 consumida con el forraje es excretada en leche como M1 (OMS, 2018).

1.4.2.2. Principales factores para la producción de aflatoxinas

Con respecto a la producción de las aflatoxinas existen varios factores que ayudan a la formación de estos metabolitos secundarios y por varios años se ha estudiado los factores que inciden para su posterior aparición, tal es el caso que se ha considerado el rango de temperatura para la producción de aflatoxinas y se encuentra entre 7,5 - 12 y el límite máximo 40 – 41°C, estos rangos de temperatura pueden variar según las cepas y las condiciones experimentales. Por otra parte, la humedad relativa es también un factor determinante para el desarrollo de los compuestos tóxicos, se establece que la humedad relativa menor al 85 % detiene el crecimiento de los hongos productores de estas toxinas, lo que corresponde a un contenido de humedad del maíz de 16 %. Sin embargo, varios estudios han demostrado que la humedad de los granos secos se encuentra al 14 % no existirán la proliferación de los hongos. Por otra parte, la actividad del agua (aw) óptica para el desarrollo y la producción de las micotoxinas es igual a 0,85, lo cual genera la contaminación de las materias primas almacenadas (Gimeno A, 2002).

1.4.3. Ocratoxinas (OTA)

En concordancia con las *Ocratoxinas* (OTA) son metabolitos secundarios de cepas de *Aspergillus* y *Penicillium* presentes en los cereales, el café y el pan, así como en todo tipo de productos alimenticios de origen animal. Además, la *Ocratoxina* es una potente micotoxina nefrotóxica que puede causar cáncer en animales de laboratorio y cerdos. El daño y el efecto letal pueden variar según el animal y el tipo de ingestión. Algunos animales son más sensibles a la OTA, como los perros y los cerdos. Sin embargo, se sospecha que la *Ocratoxina* es una causa parcial de cáncer de vías urinarias y daño renal que ocurre en Europa del Este (Iamanaka, B 2010, p. 141).

Se puede encontrar en los alimentos siguientes: café verde y café soluble, cereales, frutas deshidratadas, cerveza, especias, riñón de cerdo, piensos y vinos lo que puede resultar perjudicial para los potenciales consumidores de estos productos. Además, estudios en laboratorios han demostrado que se absorbe fácilmente del tracto gastrointestinal, siendo su biodisponibilidad superior a 50 % en todas las especies de mamíferos ensayadas. Afectan de forma directa a los niveles de OTA en los alimentos. Asimismo, se ha demostrado que una alta actividad de agua favorece la producción de OTA en los alimentos (Marín, S & Belli N, 2004).

1.4.3.1. Mecanismos de acción de la Ocratoxina

La *ocratoxina A (OTA)* es una micotoxina producida por hongos micomicetos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* que se encuentra ampliamente distribuida como contaminante natural de cereales, legumbres y otros alimentos y que en estudios experimentales ha demostrado una gran diversidad de efectos tóxicos (López, C. 2000, p. 2).

1.4.3.2. Alteración sobre la respiración celular

La OTA actúa inhibiendo competitivamente la actividad de la ATPasa, el succinato deshidrogenasa y el citocromo C oxidasa lo que genera efectos similares a los producidos en una lesión celular, obteniendo como productos finales radicales hidroxilados por peroxidación lipídica (Xiao H, & Madhyastha 2006).

1.4.3.3. Alteración de la síntesis de proteínas

Este mecanismo se produce a nivel postranscripcional por inhibición competitiva de la Phe-ARNt sintetasa, Estudios *in vitro* con células renales demuestran un efecto inductor de la OTA sobre la caspasa y la proteína cinasa que induce a la alteración de la síntesis de ADN con sus consiguientes lesiones (Bernal C, Vázquez, G, 2019).

1.4.3.4. Secuestro de calcio microsomal

La OTA produce una inhibición en el bombeo y captación del calcio a través del retículo endoplasmático del hepatocito. Experimentalmente, se ha demostrado que los niveles de calcio descenden entre un 43,5% (al tratar ratas con 10 mg/kg p.c) y un 80% (al tratar con 10 M de OTA en un cultivo de microsomas hepáticos de rata) (Ravelo, A & Armendáris R 2011, p. 1).

1.4.4. *Penicillium expansum* p

Con respecto al *P. expansum* se encuentra a menudo en manzanas, peras y cerezas podridas, pero también es común en nueces, nueces, avellanas y bellotas. Por lo tanto, el *P. expansum* es motivo de preocupación especialmente en productos de frutas debido a su producción de patulina. La mayoría de los países de Europa han establecido una reglamentación específica para la patulina a un nivel de 50 µg / kg, y se han desarrollado varios métodos cuantitativos (Andersen, B 2004, p. 421–2428).

1.4.4.1. Patulina

Con respecto a la patulina es una micotoxina de gran interés en seguridad alimentaria. Este metabolito es muy estable por lo cual resiste temperaturas de 125 ° C y pH de 3,5 a 5,5, por lo que dificulta su eliminación por medio de la pasterización. Aunque, recientes estudios revelaron que la PAT disminuye durante la fermentación de algunos productos. La patulina puede encontrarse en alimentos como frutas, verduras, cereales y frutos secos, pero la incidencia es especialmente importante en manzana y productos derivados (zumo, compota, puré, alimentos infantiles) (Tapia R, 2020, p. 3).

El hongo *Penicillium expansum* es el principal productor de patulina en manzanas y derivados alimenticios, por este motivo se le adjudica ser el responsable de grandes pérdidas en la industria alimentaria. Según el Codex Alimentarius la contaminación por *Penicillium expansum* ocurre después de la cosecha y almacenamiento, mostrando varias formas de podredumbres (moho azul) en la parte superficial del alimento. Es un hongo psicrófilo, pero su temperatura óptima de crecimiento es de 25 ° C, aunque puede crecer a -3 ° C. Por otro lado, aunque la patulina se puede producir a temperaturas entre 1 ° C y 25 ° C, el efecto que ésta causa sobre el desarrollo no es tan clara y parece depender mucho de la cepa (Tapia R, 2020, p. 3).

Se observó una disminución en las concentraciones de patulina a temperaturas más bajas y otras condiciones de estrés (bajas concentraciones de oxígeno). Algunas cepas de *P. expansum* aumentaron la producción de patulina con una disminución del nivel del oxígeno, pero con atmosferas del 3% de CO₂ y 2% de oxígeno se inhibió la producción de patulina. Por lo cual se indica que las condiciones de estrés durante el crecimiento (bajas temperaturas y niveles de oxígeno) causan un retraso del metabolismo fúngico, pero no inhiben completamente la biosíntesis de la toxina (Tapia R, 2020, p. 3).

1.4.5. *Fusarium graminearum*

El género *Fusarium* tiene distribución mundial, varias de sus especies son fitopatógenas e infectan a una amplia gama de cultivos, incluyendo maíz (*Zea mays L.*) trigo (*Triticum spp.*), avena (*Avena sativa L.*) y cebada (*Hordeum vulgare L.*) siendo responsables de enfermedades graves en los seres humanos y los animales (Nicolaisen *et al.*, 2009). A nivel mundial, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. pseudograminearum*, *F. avenaceum*, *F. acuminatum*, y *F. crookwellense* son las principales especies causantes de pudrición de raíz en plantas de trigo (Cook, 2010). Las enfermedades causadas por *Fusarium spp.* se encuentran prácticamente en todas las áreas del mundo donde se produce trigo, y pueden ser muy agresivas en climas húmedos; en las zonas donde la humedad es baja, la infección la causa casi de manera exclusiva el inóculo presente en residuos de cereales infectados que permanecen en el suelo (Cook, 2010). Ver la ilustración 3-1.

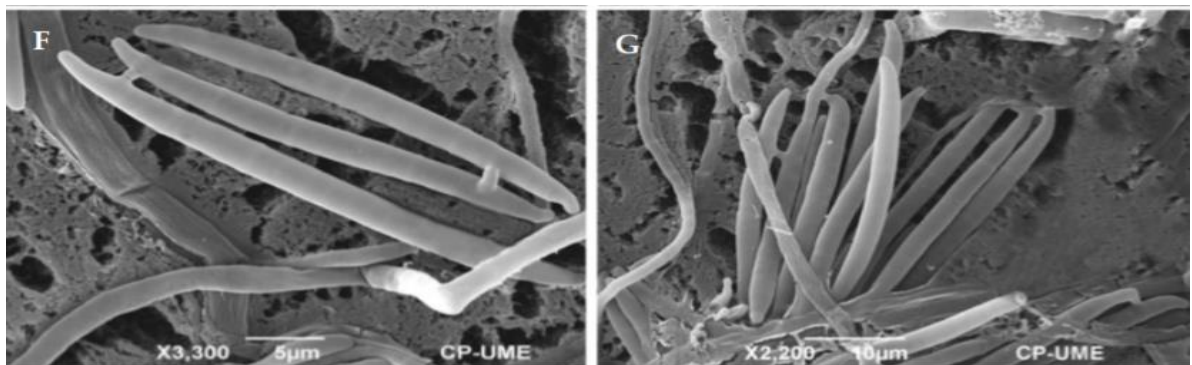


Ilustración 3-1: Morfología del hongo *Fusarium graminearum*

Fuente: Nicolaisen *et al.*, 2009

Colonias y estructuras de reproducción de *Fusarium graminearum* Macroconidios vistos con microscopio de luz; F-G)
Macroconidios vistos en microscopio electrónico de barrido (MEB). Barras = 10 μ m.

1.4.5.1. *Fumonisin*as

Las fumonisinas son producidas por especies del género *Fusarium*, siendo el maíz el cereal principalmente afectado por este grupo de toxinas, aunque se han encontrado en sorgo y arroz (Richard, 2007). Éstas fueron las primeras micotoxinas implicadas en enfermedades en humanos desde 1988; posteriormente, en Estados Unidos se observó que el maíz contaminado con mohos productores de fumonisinas causó la muerte de centenas de caballos y cerdos (Missmer S *et al.*, 2006). La fumonisina más común encontrada en maíz es la fumonisina B1 (FB1) ; mientras que las Fumonisin



Ilustración 4-1: Maíz contaminado por *Fumonisin*s

Fuente: OMS, 2018

1.4.5.2. *Tricotecenos*

Además de las Fumonisin, el género *Fusarium* produce una familia diversa de toxinas (>200 metabolitos) conocida como tricotecenos, los cuales son ésteres de alcoholes sesquiterpenoides (molécula con 15 átomos de carbón) posicionados alrededor de un anillo tetracíclico. Los tricotecenos se producen en trigo, maíz, cebada, centeno y arroz después de la infección fúngica en el campo o como parte del deterioro poscosecha. La incidencia a nivel mundial de infecciones causadas por *Fusarium* en cereales, relacionada con la contaminación con tricotecenos, aumenta debido al cambio climático, el uso de cultivares de cereales altamente susceptibles, la rotación inapropiada de cultivos, y por la aplicación inadecuada de fungicidas (Santillán, M & Rodríguez G, 2017, p. 6)

1.4.5.3. *Deoxinivalenol*

El deoxinivalenol se considera una típica “micotoxina de campo”, formándose principalmente en el cultivo de cereales (principalmente, trigo y maíz), aunque, también puede formarse durante la recolección, transporte, almacenamiento y secado por inadecuadas prácticas de higiene y manipulación de los cereales. Prevalece en áreas templadas y húmedas de cultivo, creciendo a una temperatura óptima de 25°C y humedad relativa mayor al 88%. Particularmente, es una micotoxina termoestable (hasta 180°C) persistiendo durante el procesado de los alimentos. La presente micotoxina se caracteriza por ser termo estable, por lo que durante el proceso de molienda y de panificación no se puede eliminar ni tampoco se reducen los niveles de esta micotoxina a los cambios bruscos de temperatura (Santillán, M & Rodríguez G, 2017, p. 6).

1.4.5.4. Límites legales permitidos de deoxinivalenol

La tabla 4-1 presenta los límites legales permitidos según la comunidad europea en varios alimentos de consumo masivo.

Tabla 4-1: Límites máximos de deoxinivalenol

Contenidos máximos (µg/kg)	Contenidos máximos (µg/kg)
Cereales no elaborados (18) que no sean trigo duro, avena y maíz	1250
Trigo duro y avena no elaborados	1750
Maíz no elaborado excepto el destinado a molienda por vía húmeda	1750
Cereales destinados al consumo humano directo, harina de cereales, salvado y germen como producto final comercializado para el consumo humano directo.	750
Pasta seca	750
Fraciones de la molienda del maíz con un tamaño de partícula > 500 micras	750

Fuente: Comunidad Europea, 2006

Realizado por: Chulli Edwin , 2023

1.5. Cinética para el desarrollo fúngico

La ilustración 5-1 presenta las fases de crecimiento fúngico y localización de la síntesis de micotoxinas

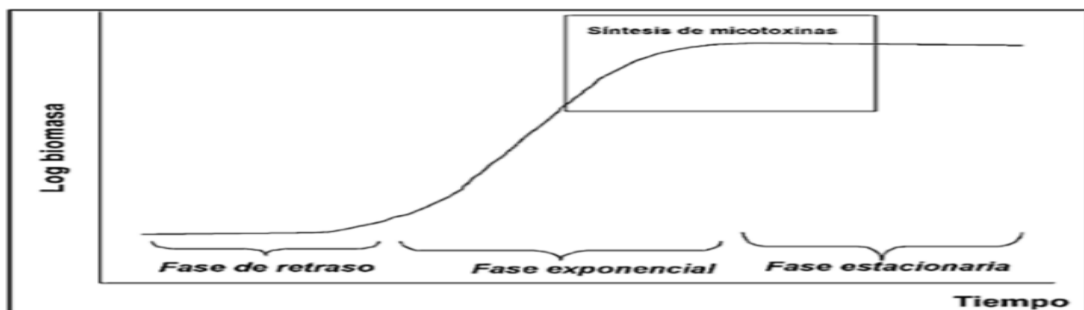


Ilustración 5-1: Cinética de crecimiento

Fuente: Richard, U *et al* 2007

Las micotoxinas pueden contaminar los alimentos, piensos y materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados generando un grupo de enfermedades y trastornos, denominado micotoxicosis y que resulta perjudiciales para la salud del hombre o los animales. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la presencia de las micotoxinas puede ser individual o simultánea con otras, lo que puede aumentar su efecto sinérgico en su acción sobre el organismo aumentando así la toxicidad (Requemas F, *et al* 2005, p. 2).

1.6. Toxicidad de las micotoxinas

Según (Dolores M & Ortega V, 2011, p. 6) en términos generales, el riesgo de intoxicación aguda por micotoxinas en el hombre es bajo o moderado en comparación con intoxicaciones de origen microbiológico o por contaminantes químicos. No obstante, según algunos autores, en la exposición crónica y teniendo en cuenta la severidad de las lesiones que pueden causar, las micotoxinas presentan mayor riesgo tóxico que los contaminantes de origen antropogénico, aditivos alimentarios y plaguicidas, tal y como se muestra en la ilustración 6-1.

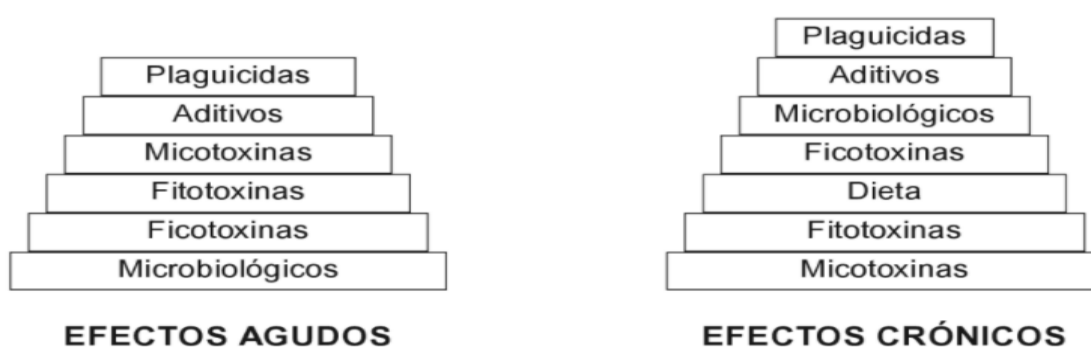


Ilustración 6-1: Riesgos para la salud humana

Fuente: Dolores M & Ortega V, 2011, p. 6

1.7. Principales efectos fisiopatológicos producidos por las micotoxinas

La tabla 5-1 presenta los principales riesgos fisiopatológicos en la salud de las personas.

Tabla 5-1: Toxicidad en la salud humana

Micotoxina	Efectos fisiopatológicos
Aflatoxina B y G	Daño hepático agudo, cirrosis, inducción de tumores, disminución de la eficiencia del sistema inmunitario.
Citrina	Nefrotóxica. Toxicidad renal en monogástricos, temblores corporales, inmunosupresión
Fumonisinias	Neurotóxicos: los órganos afectados son cerebro pulmón, riñón hígado y corazón.
Ocratoxinas	Nefropatía endémica
Patulina	Trastornos gastrointestinales y neurológicos, temblores corporales.
Rubratoxina	Gran congestión con hemorragias de hígado, riñón glándulas suprarrenales, pulmón,
Zearalenona	Síndrome estrogénico y problemas reproductivos

Fuente: Dolores M & Ortega V, 2011

Realizado por: Chulli Edwin , 2023.

1.8. Factores que afectan al desarrollo fúngico y a la producción de micotoxinas

Con respecto al desarrollo de los hongos productores de micotoxinas existen factores intrínsecos y extrínsecos que favorecen a la proliferación de los hongos patógenos que afectan a los alimentos y causan serios problemas a la salud de los seres vivos. Si bien es cierto, el control y manejo de estos factores de cara a la prevención y alteración de los alimentos no es siempre posible, el conocimiento es básico para la comprensión del desarrollo de las micotoxinas (Sanchis V, *et al* 2015, p.73).

1.9. Factores intrínsecos

Relacionados con la composición química y las propiedades físicas y biológicas del alimento. En este apartado se incluye entre otros la composición del alimento, así como la actividad del agua y el pH (Sanchis V, *et al* 2015, p.73).

1.9.1. Actividad de agua

Los factores determinantes para el desarrollo de microorganismos son la temperatura y la actividad de agua. La actividad de agua (a_w), se usa en microbiología para referirse al agua disponible para los macroorganismos en donde crecen y llevan a cabo sus funciones metabólicas, está determinada por la presión parcial del vapor de agua en una superficie (Abril, R, 2007, p. 2). Ver la ilustración 7-1.

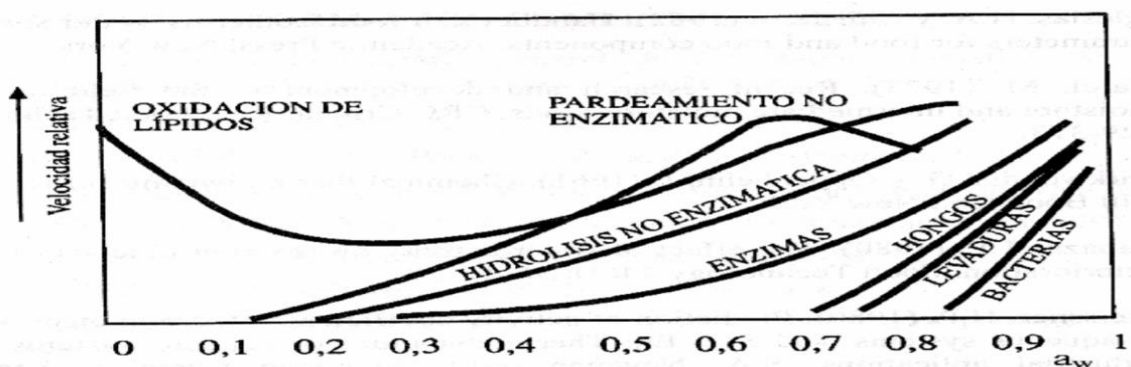


Ilustración 7-1: Velocidad relativa.

Fuente: Abril, R, 2007, p. 2

En general la ilustración 7-1 demuestra la velocidad relativa en relación a la actividad de agua presente en los distintos procesos metabólicos, con respecto al desarrollo de hongos y levaduras se estima una actividad de agua que oscila entre 0,7 a 0,8 a_w , sin embargo, la temperatura ambiente de los alimentos es también un factor a considerar.

Así, por ejemplo se ha examinado el efecto de la actividad de agua en la producción de aflatoxina por *A. flavus* *A. parasiticus* en actividad de agua optima de 0,90 a_w . Así mismo, la a_w mínima para el crecimiento de *A. ochraceus* oscila entre 0,77 y 0,85 en medio agar, y entre 0,80 a 0,85 en los granos de cereales. Por otra parte, el efecto pH se traduce en un cambio en la principal micotoxina sintetizada por un moho. Por ejemplo la producción de aflatoxina G es mas dependiente del pH que la B₁ no produciéndose a valores de pH de 2,5. La pruebas PCR cuantitativas ayudan a determinar la influencia de pH en la generación de micotoxinas (Sanchis V, *et al* 2015, p.73).

1.9.2. Relación entre la actividad de agua y la temperatura

En relación a la actividad de agua varios estudios han demostrado que la temperatura influye también en la proliferación bacteriana patógena y sobre la presión de vapor de agua de las soluciones, pero el efecto es pequeño con la mayoría de los solutos salvo que las soluciones sean saturadas. En tales casos, las cantidades de algunas sustancias de la solución, y, por tanto, la a_w , pueden variar marcadamente con la temperatura (Novasina, T, s, f).

1.9.3. pH

Los hongos son capaces de tolerar un amplio rango de pH (2,5 a 7,5), desarrollándose mejor a pH moderadamente ácidos más que a pH alcalinos, pudiendo incluso tener energía a partir de los ácidos orgánicos producidos por las bacterias durante el proceso de ensilado. Para algunos hongos tóxicos genéricos se ve favorecida la producción de sus metabolitos secundarios en sustratos ácidos. Ver la tabla 6-1.

Tabla 6-1: Valores de temperatura, a_w y pH para el crecimiento y producción de micotoxinas

Especies fúngicas	Temperatura		a_w		pH	
	Crecimiento	Producción	Crecimiento	Producción	Crecimiento	Producción
<i>Aspergillus parasiticus</i> (Aflatoxina)	10-43 (1) 32-35 (2)	12-40 (2)	0,84 (2)	0,87 (2)	2,1-11,2 (1) 3,5-8,0 (2)	3,5-8,0 (1) 6,0 (2)
<i>A. Flavus</i> (Aflatoxina)	10-43 (1) 32-35 (2)	12-40 (2)	0,8 (2)	0,82 (2)	2,1-11,2 (1) 3,5-8,0 (2)	3,5-8,0 (1) 6,0 (2)
<i>Fusarium spp</i> (Zearalenona)	24-26 (1)	24-26 (2)	0,9 (2)	0,9 (2)	2,4 (1) 3,0 (2)	2,4-3,0 (2)

Fuente: Sweeney *et al* 1998

Realizado por: Chulli Edwin, 2023

1.9.4. Factores químicos

Con respecto a la proliferación bacteriana la exigencia para su desarrollo difiere en cuanto a su capacidad para usar los respectivos nutrientes que necesita en base a la composición química de los sustratos.

1.9.4.1. Fuente de carbono

En relación al carbono es un factor limitante para el crecimiento de microorganismos. Aun así, carbohidratos como almidón y celulosa, son usados directamente por un pequeño número de microorganismos. En especial los mohos son muy importantes para el deterioro de materia prima con ese sustrato. La elección de la fuente de carbono optima constituye uno de los aspectos fundamentales para una elevada viabilidad y concentración bacteriana que garantiza la efectividad inoculante en una población microbiana (COPAIA, 2001).

1.9.4.2. Fuente de nitrógeno

Un factor determinante para el desarrollo de los microorganismos son los compuestos nitrogenados, tales como los nucleótidos, péptidos, y proteínas. Sin embargo, los nutrientes más importantes de nitrógeno son los aminoácidos como fuente principal para su crecimiento (COPAIA, 2001).

1.9.4.3. Fuente de vitamina

Al respecto de las vitaminas se encuentran en gran medida en las frutas y son aprovechadas por los microorganismos. Tal es el caso, que las bacterias gran-positivas son más exigentes que los mohos ya pueden sintetizar de manera mejor las vitaminas (COPAIA, 2001).

1.9.4.4. Sales minerales

Pese a usarse en pequeñas cantidades, debido a su papel en las reacciones enzimáticas son factores indispensables para el desarrollo de los macroorganismos. Dentro de los más importantes se encuentra Na, K, Ca, Mg. Las sales minerales son las fuentes de uniones y cationes para las células que intervienen en la activación de una variedad de enzimas incluyendo las que participan en la síntesis de proteínas, tal es el caso como el ion magnesio se caracteriza por estabilizar los ribosomas, las membranas y los ácidos nucleicos (COPAIA, 2001).

1.10. Factores extrínsecos

Se encuentra integrado principalmente por la temperatura, humedad ambiental, la tensión de oxígeno, la composición ambiental o del envase y la presencia o ausencia de luz.

1.10.1. Temperatura

Los mohos están adaptados a desarrollarse en un amplio intervalo de temperatura lo que conducir a la existencia de un problema de contaminación fúngica. Por otra parte, el almacenamiento de las materias primas a las temperaturas ambiente favorece el desarrollo de los microorganismos y la refrigeración por si sola no suele ser suficiente para frenar la alteración microbiológica. Sin embargo, las aflatoxinas se reproducen con temperaturas entre 12 y 40 °C. Por otra parte, varios estudios demuestran que la generación de los metabolitos secundarios en medios de cultivo se produce con temperaturas óptimas de 25 a 30 °C tras dos semanas de incubación (Sanchis V, *et al* 2015, p.73). Con respecto al *aspergillus ochraceus* crece a temperaturas entre 8 y 37 °C y en relación a la Ocratoxina A se produce entre los 12 y 37 °C con una temperatura óptima de 31 °C. El *penicillium verrucosum* crece entre 0 y 37 °C con un óptimo de 20 °C. (Sanchis V, *et al* 2015, p.73).

1.10.2. Humedad relativa

La humedad relativa (RH, por sus siglas en inglés) del ambiente es importante desde el punto de vista de la actividad acuosa dentro de los alimentos y del crecimiento de microorganismos en las superficies. Este factor extrínseco afecta el crecimiento microbiano y puede ser influenciado por la temperatura. Todos los microorganismos tienen un alto requerimiento por agua, necesaria para su crecimiento y actividad (Nutrición P, 2010).

1.10.3. Atmósfera

La atmósfera es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos (esporas, bacterias, virus y hongos), procedentes de otros ambientes. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y permanencia. Los microorganismos dispersados por el aire tienen una gran importancia biológica y económica. Producen enfermedades en plantas, animales y humanos, causan alteración de alimentos y materiales orgánicos y contribuyen al deterioro y corrosión de monumentos y metales (De la Rosa M, 2002 *et al*, p. 375-402).

1.11. Producción de alimentos balanceados

A nivel mundial la demanda de los alimentos balanceados destinados a la producción pecuaria a incrementado, se han desarrollado nuevas fórmulas concentradas para mejorar el crecimiento, engorde y un mejor rendimiento en la producción de animales monogástricos y poligástricos con el fin de aportar al desarrollo sostenible a nivel mundial. Según, (Núñez M, 2018) estima que la producción de alimentos balanceados ha superado los mil millones de toneladas a nivel mundial. Con respecto a la elaboración de este producto intervienen algunas variables; selección de la materia prima, transporte, almacenamiento donde se puede dar origen a la contaminación fúngica que afecta a la cadena alimentaria. Por tal razón, la producción de estos alimentos radica en la importancia de establecer la estandarización de cada producto balanceado con sus respectivos puntos críticos de control en los procesos (Núñez M, 2018). Ver ilustración 8-1.

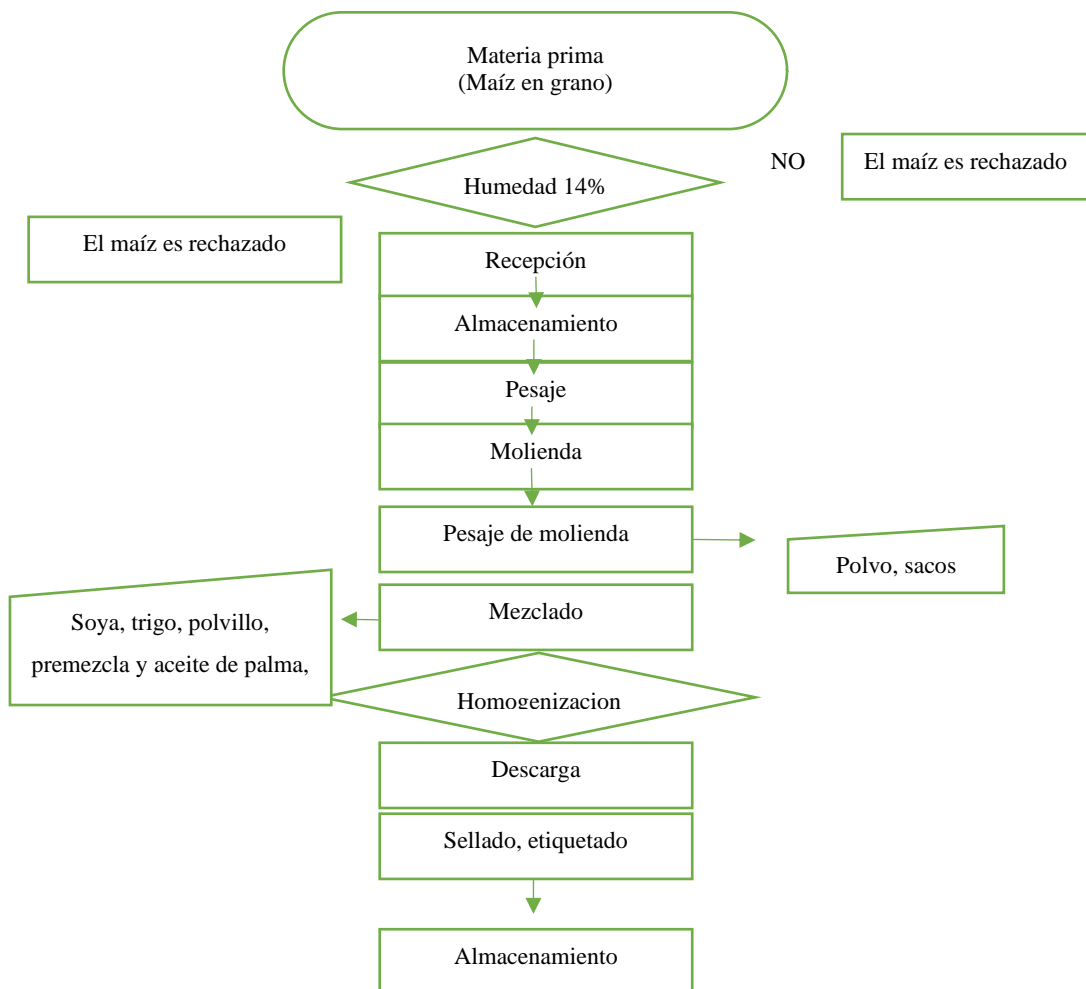


Ilustración 8-1: Diagrama de proceso de producción de balanceados

Realizado por: Chulli Edwin , 2023

1.11.1. Descripción del proceso de elaboración de balanceados

Recepción de materia prima: Este proceso incluye aceptar o rechazar componentes que cumplan con los estándares de calidad establecidos. Los componentes se pueden presentar de dos maneras.

Sólidos: cereales, granos, harinas, tortas y aditivos.

Líquidos: melazas, aceite, aditivos.

Limpieza: Consiste en quitar materiales extraños o materias primas defectuosas mediante zarandeo de la materia prima y transportar a las áreas de almacenamiento.

Almacenamiento de materia prima: Esto se aplica a la colocación de las materias primas, agrupándolas en porciones creadas por la empresa para garantizar la integridad y el valor nutricional de los ingredientes.

Formulación: Determina la cantidad de nutrientes que se incluirán en la dieta para cubrir los requerimientos nutricionales. Para desarrollar una fórmula nutricional, es necesario conocer el valor nutricional de los cultivos disponibles, así como los requerimientos según la etapa y edad del pollo.

Pesaje: Los ingredientes de la ración se pesan en una balanza portátil o estacionaria, según el volumen de procesamiento. Durante este proceso se pesan macronutrientes (soja, trigo, harina) y micronutrientes (vitaminas, suplementos).

Molienda: La materia prima para ser trituradas se transporta al área de molido, donde mecánicamente se minimiza el tamaño del ingrediente que compone toda la formulación.

Pesaje del material molido: Los ingredientes molidos se pesan en una balanza estática, mientras que los demás ingredientes molidos se almacenan hasta su uso.

Mezclado: Los ingredientes de la receta se transportan al mezclador de sólidos y las materias primas (maíz, soja, trigo, harina, mezclas, aditivos y aceite de palma) se colocan en el mezclador durante el tiempo especificado.

Descarga: El alimento se descargará por gravedad directamente en el saco de plástico. En este proceso el alimento será pesado en Kg (40 Kg).

Almacenamiento: Se ordena en el pallet los 25 sacos, luego se transportan y se almacenan los sacos con el producto terminado y están listos para su distribución y venta.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Búsqueda de la información

La presente revisión literaria presenta un alcance estratégico que se basa en la búsqueda de investigaciones amplias de carácter general o especializado que está fundamentado en la recopilación de varios repositorios de instituciones de educación superior, revistas científicas, y Journals. Con el fin de obtener los conocimientos necesarios para integrar las diferentes obras de consulta, la información y su estructura que registra la tesina está compuesta del 90 % de fuentes bibliográficas de los últimos 5 años y el 10% de años anteriores. Además, los niveles que componen el método de información bibliográfica permiten localizar, identificar, y acceder a los documentos que presentan los estudios más relevantes de cada autor.

2.2. Criterios de selección

Para la búsqueda de la información bibliográfica se indaga en varios navegadores de consulta y páginas web donde las fuentes de datos están acorde a los objetivos de la investigación. Para lo cual se integran los siguientes descriptores: “hongos”, “micotoxinas”, “metabolitos secundarios”, “alimentos balanceados”, “esporas”, “porcinos”, “bovinos”, “aves”, “salud animal”, “salud humana” “peligrosidad”, “métodos”. Estas palabras fueron combinados con diversas formas al momento de la exploración con el fin de ampliar los criterios de la selección de la información y así encontrando lo siguiente.

ALTAMIRANO, Jessica Romina. (2021). Aflatoxinas AFM1 en Leche de Consumo: Aspectos Toxicológicos y Metodológicos de Evaluación Pericial.

BERNATE RODRÍGUEZ, Ximena. (2017). Efecto de micotoxinas presentes en el alimento de bovinos de leche y su impacto en la salud pública.

CAPITAO FERREIRA, Isabel. (2017). Aplicaciones de metodologías analíticas para detectar y cuantificar AFB1, en piensos, creando un diseño de monitoreo en la producción avícola de la Provincia de Huambo, Angola.

2.3. Método de la sistematización de la información

A través de 29 fuentes indagadas para el capítulo 3 se realiza la sistematización de la información de los reportes científicos de cada autor que están en relación al objetivo planteado y para sintetizar los resultados se los expresa en tablas que están clasificadas de acuerdo a las principales micotoxinas encontradas en los alimentos balanceados destinados a porcinos, bovinos, y aves. Además, se expresan el grado de peligrosidad en la salud animal y la del ser humano así como también los métodos para la cuantificación de micotoxinas.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN

3.1. Micotoxinas en alimentos balanceados destinados a porcinos, bovinos y aves.

Las micotoxinas son compuestos químicos de naturaleza orgánica, de bajo peso molecular y gran estabilidad en relación a condiciones de pH y temperatura (Prado, 2018 pág. 30). Actualmente se conocen unas 500 distintas (Colama et al. 2019). Según Knass (2016) son producidas por cepas toxigénicas de hongos que contaminan las materias primas durante el cultivo y/o almacenamiento (El Productor, 2017). Además, son metabolitos secundarios, que sólo se producen en determinadas condiciones ambientales que estresan al hongo (CO₂, O₂, concentración de minerales, temperatura, actividad de agua, pH) (Alcázar, 2013). Las micotoxinas están usualmente asociadas con granos como el maíz, cebada, trigo, sorgo (Alltech, 2018). La presencia de micotoxinas en granos y raciones, cuyo tipo o estructura química depende del desarrollo de cepas fúngicas específicas que está sujeta a la influencia de factores ambientales, además del método de procesamiento o producción, almacenamiento y tipo de sustrato (Merlassino, 2014 p. 15). Entre las micotoxinas que más afectan a las aves, porcinos y bovinos se destacan: Aflatoxinas, Zearalenona, Vomitoxina y Fumonisin (Guzmán, 2018 p. 25). La tabla 1-3 presenta las principales micotoxinas que afectan a cerdos, bovinos y aves por diferentes autores.

Tabla 1-3: Principales micotoxinas que afectan a los cerdos, bovinos y aves

Micotoxina	Hongo	Materia Prima	Factor desencadenante de la contaminación	Especie que se encuentra micotoxina	Referencia
Zearalenona (ZEA)	Fusarium spp.	Maíz, trigo, cebada, sorgo.	Almacenamiento en condiciones inadecuadas	Cerdos, bovinos y aves	Accensi (2017)
Ocratoxina A (OTA)	Penicillium spp.	Maíz, trigo, centeno, avena, cebada.	Estación seca seguida de alta humedad y temperaturas moderadas	Cerdos, bovinos y aves	Sala <i>et al.</i> (2016)
Tricotecenos (DON, Toxina T-2 y Toxina HT-2)	Fusarium sp.	Maíz, cebada, trigo, centeno, sorgo	Estación seca seguida de alta humedad y temperaturas moderadas	Cerdos, bovinos y aves	Fiana (2021)
Fumonisin	Fusarium morrilifome	Maíz	Deficiencias en el almacenamiento	Cerdos, bovinos y aves	Santillán et al. (2017)
Aflatoxinas	Aspergillus	Maíz, algodón, trigo, sorgo.	Almacenamiento en condiciones inadecuadas	Cerdos, bovinos y aves	Rondón (2020)

Realizado por: Chulli Edwin 2023

Según nos muestra la tabla 1-3 (Accensi 2017) menciona que la zearalenona (ZEA) es una micotoxina natural producida por diferentes especies del género *Fusarium*. La zearalenona también puede ser producida por *F. tricinctum*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichioides*, *F. moniliforme* y *F. calmorum*. Este moho crece entre 6 y 40° C con un óptimo entre 18 y 30°C; se produce durante periodos de alta humedad y cambios marcados de temperatura entre el día y la noche. Esta micotoxina también se puede producir durante el almacenamiento de granos/pienso (Knass, 2016, p. 10). La ZEA es un compuesto estrogénico no esteroideo, que simula la acción del estrógeno en el útero, hígado, glándula mamaria e hipotálamo de diversas especies, siendo los cerdos los más sensibles a sus efectos (Pérez *et al.* 2014, p. 28). La ocratoxina es producida por hongos del grupo del *Aspergillus ochraceus* y un número de especies del *Penicillium*, como el *Penicillium viridicatum* y *Penicillium verrucosum*. Puede encontrarse como contaminante natural de los cereales (Del Río & Méndez 2016 p. 23). Es un potente agente nefrotóxico y hepatotóxico, inmunosupresor, se desarrollan en regiones de clima frío cuando existe una humedad durante el almacenamiento, y en especies esta micotoxina depende mucho de las condiciones climáticas durante la cosecha (Espíndola, 2016 p. 30).

Los tricotecenos constituyen un grupo formado por unos 40 metabolitos fúngicos biológicamente activos segregados por hongos del género *Fusarium* y por tanto su patología se conoce como fusariotoxicosis (Toso *et al.* 2016 p.8). Según lo reportado por Bernate (2017) son tóxicos potentes de las células eucarióticas y causan lesiones dérmicas, alteraciones de la respuesta inmunológica e inhibición de la síntesis de macromoléculas. Tienen una acción letal en dosis altas (Quiles, 2015 p. 41). Las fumonisinas (principalmente las fumonisinas B1 y B2) son metabolitos secundarios sintetizados por *F. moniliforme*, *F. proliferatum* y *F. verticillioides*, entre otros *Fusarium*. La fumonisina B1 y fumonisina B2 poseen una unidad hidrocarbóno de cadena larga, de estructura parecida a la de los esfingolípidos, esfingosina y esfinganina, por lo que juega un papel en su toxicidad (Villavicencio 2021, p.12).

Las aflatoxinas son producidas por variedades de hongos tales como el *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Las más reconocidas son las B1, B2, G1 y G2. La M1 (derivado metabólico de B1) y M2 (derivado de B2) pueden encontrarse en la leche y la orina de los animales. Son un grupo de compuestos químicos orgánicos no proteicos, de bajo peso molecular, cuyo esqueleto básico es un anillo de furano unido a un núcleo de cumarina (Melgarejo 2019, p. 15). Son estables al calor por lo que se las puede encontrar en alimentos completamente procesados. Poseen una gran actividad cancerígena, teratogénica y mutagénica (Moya, 2021 p. 24). Hasta el momento se han identificado más de 200 micotoxinas. Sin embargo, las micotoxinas que cobran una mayor relevancia en la alimentación porcina son: las aflatoxinas, la ocratoxina A, la zearalenona, las fumonisinas y las tricotocenas (Rodríguez *et al.* 2019).

3.1.1. Micotoxinas en alimentos balanceados destinados a porcinos, bovinos y aves.

La contaminación de granos por micotoxinas es común, según (Gimeno & Martins 2015) señalan que cerca de 25% de los alimentos cosechados anualmente a nivel mundial se encuentran afectados por micotoxinas; en tanto que (De María *et al.* 2017) indican que el nivel de contaminación varía entre el 25 y el 40%, es por ello que en la tabla 2-3 se muestra las micotoxinas encontradas en diferentes materias primas, realizadas en distintas investigaciones.

Tabla 2-3: Micotoxinas en diferentes materias primas destinadas a alimentación animal.

Micotoxina	Materia Prima	Especie	Número de muestras			Valor promedio ppb	Máximo permitido #	Fuente
			Analizadas	Positivas	Porcentaje			
Aflatoxina	Maíz	Cerdos	23	15	65%	4,91 ppb	20 ppb.	Maniglia <i>et al</i> (2015)
Ocratoxina	Máiz	Aves	139	92	66%	1,83 ppb	5 ppb	Castro <i>et al</i> (2015)
Fumonisimas	Maíz	Aves	30	30	100%	1196 ppb	3000 ppb	Aguillón (2020)
Toxina T-2	Soya	Aves	20	20	100%	169,54 ppb	150 ppb	Guerrero & Parreño (2018);
Zearalenona	Pasturas	Bovino	29	17	59%	97.85 ppb	500 ppb	Salvat <i>et al</i> (2013)
Zearalenona	Cáscara de arroz	Aves	41	15	37%	6,4 ppb	500 ppb	Martínez <i>et al</i> (2021)

Realizado por: Chulli, Edwin 2023.

Máximo permitido según la Unión Europea 2009.

La tabla 2-3 presenta el resultado de varios investigadores, según (Maniglia *et al.*, 2015) encontraron la aflatoxina en el maíz utilizado como balanceado para la alimentación de cerdos en la misma realizo 23 muestras siendo positivas 15; obteniendo un valor promedio de esta micotoxina de 4,91 ppb misma que se encuentra en el rango permitido (20ppb), esta autora menciona que estos niveles bajos de aflotoxinas pudieran atribuirse, entre otras variables, a las condiciones agro-ecológicas de la zona de estudio así como también al manejo de materia prima, y a la utilización de materia prima transgénica importada, también se hace énfasis en la aplicación de políticas agroalimentarias que contribuyó a un mayor control de la calidad de los productos agrícolas.

Algunos estudios han demostrado que los nutrientes y el tipo de sustrato son importantes para que exista la producción de aflatoxinas; son favorables altos niveles de carbohidratos y bajos niveles de proteínas, como es el caso del maíz (Morris, 2011). Adicional a esta información, en otros estudios realizados por (Duarte & Villamil 2006) quienes en la materia prima maíz evaluaron 248 muestras, encontraron resultados similares obteniendo 22 muestras positivas contaminadas de 12.6 aflotoxinas.

Por otra parte, en el estudio realizado por (Castro *et al* 2015) reporto la ocratoxina en el maíz utilizado para la alimentación de aves en la misma realizo 139 muestras siendo positivas 92; obteniendo un valor promedio de esta micotoxina de 1.83 ppb misma que se encuentra en el rango permitido (5ppb), de acuerdo con los investigadores establecen que los niveles bajos de la micotoxina se deben por la ubicación geográfica del estudio, las buenas prácticas agronómicas implementadas tanto en el desarrollo del cultivo como en la cosecha y en el almacenamiento del grano.

Al mismo tiempo afirma también que si bien es cierto que los valores obtenidos no exceden los límites máximos permisibles, hay que tener en cuenta que el proceso de intoxicación con micotoxinas es de tipo crónico, de allí que aún con niveles bajos, su acumulación en el organismo del ave puede llegar a generar problemas productivos. Los estudios realizados por (Aguillón 2020) encontró la fumonisinas en el maíz utilizado para la alimentación de pollos de engorde y aves de postura, en la misma realizo 30 muestras siendo positivas 30; obteniendo un valor promedio de esta micotoxina de 1196 ppb misma que se encuentra en el rango permitido (3000ppb), este mismo autor explica que estos resultados no son algo fuera de lo común ya que las fumonisinas se consideran componentes normales del grano de maíz puesto que son producidas por un hongo endófito (*Fusarium verticillioides*), es decir, es un habitante normal del grano de maíz (Díaz, 2020).

La importancia de las fumonisinas no radica en su presencia o no en el maíz sino en las concentraciones que puedan encontrarse en el maíz. En este sentido, los niveles encontrados se encuentran por encima de lo recomendado para especies sensibles de animales domésticos como el equino y el conejo, en la cuales no se recomienda más de 1 mg/kg de fumonisinas totales en la dieta final (FDA, 2001). Según (Guerrero & Parreño 2018) hallaron toxina T-2 en la soya utilizado para la alimentación de aves, en la misma realizo 20 muestras siendo positivas 20; obteniendo un valor promedio de esta micotoxina de 169,54 ppb misma que no se encuentra en el rango permitido (150ppb), una de las causas puede ser el uso de variedades de soya que tienden a tener una mayor susceptibilidad a la contaminación de micotoxinas, así como también a las malas prácticas agronómicas del cultivo.

Este mismo autor informa que la presencia de esta micotoxina T-2 en las aves puede reducir el consumo de alimento, retarda el crecimiento, alteraciones en el cuadro sanguíneo y neurotoxicidad. Presenta alta toxicidad para macrófagos, inhibiendo su capacidad fagocitaria. Induce la formación de peróxidos a partir de los lípidos, disminuyendo la concentración de vitamina E₃. Por lo cual, es indispensable realizar un control de calidad en la recepción de la materia prima controlando así la humedad presente en la misma.

La investigación efectuada por (Salvat *et al* 2013) quienes analizaron la presencia de zearalenona en pasturas del este de Chaco (Argentina), encontraron en 29 muestras una positividad de 17; obteniendo un valor promedio de esta micotoxina de 97.82 ppb misma que se encuentra en el rango permitido (500ppb), este mismo autor menciona que las concentraciones de ZEA presentaron en su mayoría cantidades relativamente bajas, mismos que no inducirían a síntomas severos de estrogenismo en bovinos. Estos valores posiblemente estén relacionados con la época del año (verano) en la que se realizó el muestreo.

De acuerdo con (Ramírez *et al* 2014) el mayor contenido de toxina en los pastos se presenta durante los meses de otoño. Según (Salvat *et al* 2015) el tipo de sustrato también influye sobre la ocurrencia natural de ZEA. Adicional a esta información, se encontraron estudios similares en la investigación efectuada por (Santibáñez *et al* 2011) quienes realizaron la identificación y cuantificación de hongos micotoxigénicos en alimento para bovinos, mediante el análisis de 30 muestras de dos kg de alimento comercial destinados para la alimentación de bovinos, detectaron un 33.33 % de muestras positivas a aflatoxinas, encontrando en su mayoría la B₁ en un 70%, la B₂ en 30%, la G₂ y G₁ en un 40 y 10%, todas ellas con una concentración de 81 ppb.

Finalmente, Martínez *et al* (2021) quienes realizaron la evaluación de la presencia de las micotoxinas zearalenona en arroz sin cáscara en las provincias de mayor producción de Ecuador, encontrando en 41 muestras una positividad de 15; obteniendo un valor promedio de esta micotoxina de 6.4 ppb misma que se encuentra en el rango permitido (500ppb), sin embargo, es evidente, la presencia de zearalenona en este alimento. Esta pequeña concentración de zearalenona podría deberse a las condiciones ambientales favorables para el crecimiento de hongos de las zonas muestreadas, como son la elevada humedad (70 a 80 %) y temperatura (20–30 °C).

Con respecto a lo anterior, es importante recordar que la producción de micotoxinas suele ocurrir cuando el hongo crece y se desarrolla en los cultivos, en el campo, el mismo que al momento de cosechar, almacenar o procesar el alimento balanceado prolifera bajo condiciones favorables. El impacto negativo que este tiene sobre la productividad animal y la salud humana es enorme, por la misma razón es importante estudiar que micotoxinas afectan al ganado bovino, al cerdo y a las aves y los factores que intervienen en su aparición.

Además, el Codex Alimentarius indica que los granos pequeños y arrugados pueden presentar más zearalenona que los granos sanos normales (CODEX, 2019).

3.2. Grado de peligrosidad de las micotoxinas en la especie animal y humana.

3.2.1. Peligrosidad de las micotoxinas en la salud del cerdo y el ser humano.

Los cerdos son extremadamente susceptibles a las micotoxinas. Los síntomas que presentan y el grado de afectación están determinados tanto por el tipo, como por la concentración de las micotoxinas en el alimento y por la edad y la fase de producción del animal. Los cerdos jóvenes y los reproductores son generalmente los más susceptibles a las micotoxinas. La presencia de ésta, aún a bajos niveles en el alimento, reduce el desempeño en los animales en crecimiento y en los reproductores, afecta la condición inmunológica y el estado de salud y en última instancia, puede conducir a la muerte. Se produce daño tisular irreversible que puede deteriorar el desempeño del cerdo, aun cuando ya no haya más la presencia de micotoxinas en el alimento.

La presencia de micotoxinas en el pienso de los cerdos afecta no solo a la salud de los animales (infección aguda), manifestando los cerdos anemias, coagulación disminuida, fragilidad capilar, ascitis, ictericia y diarreas hemorrágicas; sino también a los rendimientos productivos (menor velocidad de crecimiento, peor índice de conversión, menor consumo de pienso, disminución de la eficacia reproductiva) provocando una serie de pérdidas económicas importantes para la producción porcina (infección subaguda o crónica). Estos efectos van a depender del tipo de toxina, del tiempo de exposición, de la dosis y de la edad del animal o categoría.

Los cerdos están expuestos a las micotoxinas por diferentes vías: alimento fabricado con ingredientes contaminados, cama y sistemas de alimentación líquido, aumentando las preocupaciones respecto a las micotoxinas han aumentado por diversas razones entre las cuales se encuentran: los animales de más alto desempeño son más susceptibles a los efectos de las micotoxinas, los cambios climáticos y en las prácticas agropecuarias han generado un medio ambiente más propicio para el crecimiento de hongos, lo que genera un impacto económico en las granjas (Altech, 2017). Las micotoxinas pueden llegar a la carne y a sus productos derivados de dos formas: a través del consumo de carne y productos cárnicos procedentes como consecuencia de la alimentación de los animales que hayan consumido piensos contaminados con micotoxinas y al desarrollo de mohos toxigénicos en la superficie de los derivados cárnicos curado madurados, esto afecta al ser humano provocando una serie de trastornos, esto se explica en la tabla 3-3; donde se indica las afectaciones en la salud tanto al cerdo como al ser humano de las diferentes micotoxinas encontradas por los diferentes autores, para esto se ha dado un grado de peligrosidad de bajo medio y alto. Vea tabla 3-3.

Tabla 3-3: Grado de peligrosidad de micotoxinas en la salud del cerdo y del ser humano.

Micotoxina	Grado de Peligrosidad	Salud del Animal	Salud del Ser Humano	Referencia
Zearalenona (ZEA)	Media	<p>En cerdas jóvenes, entre tres o cuatro meses de edad, son las de mayor susceptibilidad, debido a la inmadurez de su aparato reproductor, ya que existe transferencia de la micotoxina vía placenta y calostro lo que puede ocasionar en infertilidad. En hembras adultas se observa aumento del tamaño del útero, ninfomanía, pseudogestación y anestro, mayor duración del ciclo estral, reducción del índice de preñez.</p> <p>Produce neuropatía micotóxica clásica. anorexia, pérdida de peso, náuseas y vómitos, tenesmo, hipertermia, tonsilitis, conjuntivitis purulenta bilateral, polidipsia, poliuria, coágulos o moco sanguinolento en el recto, deshidratación</p>	<p>De los escasos estudios sobre los efectos que posee la zearalenona se indica que en mujeres puede presentar adenocarcinomas endometriales, hiperplasias endometriales y endometriosis proliferativos</p>	Koop (2016)
Ocratoxina A (OTA)	Alta	<p>Estas toxinas son muy agresivas al epitelio del tracto digestivo. Entre, los signos más importantes se encuentra el vómito o el rechazo del alimento, supresión hematopoyética, problemas dérmicos (irritación/necrosis), produce también dolor abdominal, engrosamiento de la región esofágica del estómago, inflamación intestinal.</p>	<p>Puede causar efectos nocivos en el hombre siendo agente causal de tumores epiteliales del tracto urinario superior y de una nefropatía progresiva causando un daño renal irreversible y letal</p>	Sala <i>et al.</i> (2016)
Tricotecenos (DON, Toxina T-2 y Toxina HT-2)	Media	<p>Estas toxinas son muy agresivas al epitelio del tracto digestivo. Entre, los signos más importantes se encuentra el vómito o el rechazo del alimento, supresión hematopoyética, problemas dérmicos (irritación/necrosis), produce también dolor abdominal, engrosamiento de la región esofágica del estómago, inflamación intestinal.</p>	<p>Interfieren con la síntesis de proteínas, inducen estrés, impiden la expresión de genes proinflamatorios, afectan la función gastrointestinal, interfieren con la acción de la hormona de crecimiento además de vértigos y dolor de cabeza.</p>	Fiama (2021)
Fumonisinias	Alto	<p>Se caracteriza en cerdos por presentar problemas de edema pulmonar esta es caracterizada por la dificultad para respirar, debilidad posterior, coloración azulada de las mucosas (cianosis), llegando en casos extremos a la muerte. En la necropsia se puede observar el pulmón aumentado de tamaño y lleno de líquido. Además de presentar problemas cardiovasculares, renales e inmunosupresores.</p>	<p>Es un factor de riesgo para el desarrollo de cáncer de esófago, esto es corroborado por Missmer <i>et al.</i>, (2006) quienes demostraron que niveles altos de fumonisinias en el maíz provoca el desarrollo de cáncer de esófago. En mujeres embarazadas provoca alteraciones embriónicas y de la médula espinal que resultan en la falla del cierre del tubo neural en el útero, resultando comúnmente en daño nervioso y en la parálisis de las piernas.</p>	Santillán <i>et al.</i> (2017)
Aflatoxinas	Alto	<p>Causa pérdida de crecimiento, reducción del índice de conversión disfunción del sistema inmune, ocasiona ictericia, producen anemia, nefrosis, hemorragias sistémicas y muerte.</p> <p>Las lesiones más notables en una necropsia suelen ser coloración amarillenta en piel, tejido subcutáneo y músculo, cambio de coloración en hígado petequias, equimosis.</p>	<p>Se ha observado una correlación entre el consumo de alimento contaminado con aflatoxinas y el desarrollo de cáncer de hígado, además, existen casos de aflatoxicosis agudas con manifestaciones clínicas que incluyen vómito, dolor abdominal, edema pulmonar e infiltración de grasa. con el retraso en el crecimiento infantil.</p>	Rondón (2020)

Realizado por: Edwin Chulli, 2023.

3.2.2. Peligrosidad de las micotoxinas en la salud del bovino y del ser humano.

Los rumiantes son considerados relativamente resistentes a la acción de las micotoxinas, ya que los microorganismos del rumen son capaces de degradar estos compuestos a otros menos tóxicos, o incluso biológicamente inactivos, a niveles normales de exposición. Los bovinos necesitan energía, fibra, proteína, agua, vitaminas y minerales como nutrientes fundamentales. Por otra parte, es necesario incluir en sus piensos una cantidad suficiente de forraje para mantener un microbiota ruminal funcional.

La gran variedad y variabilidad de ingredientes utilizados en las dietas aumenta el riesgo de exposición a todo un conjunto de micotoxinas diferentes. Entre los materiales incluidos en la formulación de las raciones para vacas lecheras, los componentes ricos en energía representan la primera fuente potencial de micotoxinas, en las que se encuentran AFs, FBs, OTA, tricotecenos, se han encontrado contaminando algunos de estos componentes como cereales, soja, cacahuetes o semilla de algodón.

Dentro de principales problemas para la salud se encuentran reducción de la producción de leche, problemas reproductivos, aumentos de células somáticas, mayor susceptibilidad a las enfermedades, mayor descarte. Además de los efectos directos en la salud de los animales ya mencionados, uno de los principales problemas asociados a la presencia de micotoxinas en piensos para animales es su posible transferencia a productos de origen animal, como la leche.

Cuando las vacas lecheras consumen pienso contaminado con aflatoxina B, una parte es degradada en el rumen a aflatoxicol, y otra parte llega al hígado donde es metabolizada por enzimas hepáticas mediante hidroxilación, hidratación, metilación y la hidroxilación de la AFB da lugar a la aflatoxina M y una parte de este compuesto es excretada finalmente a través de la leche (Gimeno, 2016).

La toxicidad de las micotoxinas de bovinos en humanos depende de varios factores: a) la biodisponibilidad y la toxicidad de la micotoxina; b) los sinergismos entre ellas; c) la cantidad de micotoxina ingerida diariamente en función de la concentración de la micotoxina y la cantidad de alimento ingerido; d) la continuidad o intermitencia de ingestión del alimento contaminado; e) el peso del individuo y el estado fisiológico y de salud; f) la edad del individuo. Por los factores anteriormente señalados, los niños y jóvenes presentan mayor riesgo a la acción de las micotoxinas, debido a que pueden no tener suficientes mecanismos bioquímicos de detoxificación (Altamirano, 2019 p. 13).

Con respecto a la salud del ser humano el consumo de alimentos contaminados con aflatoxinas por animales productores de leche representa un riesgo potencial a la salud pública, particularmente en la población infantil, debido a la eliminación de aflatoxina M1 (AFM1) en leche, ocasionando vómitos, dolor abdominal, edema pulmonar, así como infiltración grasa y necrosis del hígado (Cisneros, 2019 p. 15).

No obstante, dependiendo de la especie animal y la raza, la dosis, la vía de exposición y la dieta de los sujetos expuestos, también se han documentado tumores relacionados con la acción de las aflatoxinas en otros órganos y lugares del cuerpo tales como los riñones o el colon (Capelli *et al.* 2019 p. 53). Es por ello que la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-CODEX 193:2013; establece un límite máximo de presencia de esta aflatoxina que corresponde a 0.5 mg/kg en leche.

Asimismo, la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) ha reportado a la AFB1 y AFM1, como compuestos carcinógenos para seres humanos donde la presencia de AFM1 en la leche, constituye un riesgo para la población, particularmente en niños debido a la importancia de este producto en su alimentación, y a que son considerados más susceptibles a sus efectos adversos, ya que su capacidad de biotransformación de los compuestos carcinógenos es generalmente más lenta que en adultos (Landeros *et al.* 2012 p. 41).

De los escasos estudios sobre los efectos de las fumonisinas en humanos, un estudio realizado en mujeres de Guatemala reveló que la ingesta de fumonisinas se correlacionaba con indicios de alteraciones del metabolismo de las grasas, tal como se ha observado en los estudios sobre la carcinogénica en modelos animales; y otro estudio indicó se asocia a retraso del crecimiento. Puede causar trastornos en el aparato reproductor en desarrollo, produciendo así una pubertad precoz en niñas, como alteraciones de la fertilidad y reproducción en mujeres (Salvat *et al.* 2013).

Por su parte la Unión Europea ha establecido el límite máximo de residuos (LMR) para la AFM1 de 0.05 µg/kg en leche fluida, mientras que en países como México las normas NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y NOM-243-SSA1-2010, para leche cruda y pasteurizada respectivamente, especifican el límite máximo de 0.5 µg/L. (Cepeda *et al.* 2015) especifican que la metodología necesaria para la determinación de AFM1 debe ser por cromatografía de líquidos de alta eficiencia en fase reversa con detector de fluorescencia (RP-HPLCFLD).

Esto se explica en la tabla 4-3 donde se indica las afectaciones en la salud tanto del bovino como al ser humano de las diferentes micotoxinas encontradas por los diferentes autores, para esto se ha dado un grado de peligrosidad de bajo medio y alto. Ver tabla 4-3.

Tabla 4-3: Grado de peligrosidad de micotoxinas *en la salud del bovino y del ser humano.*

Micotoxina	Grado de Peligrosidad	Salud del Animal	Salud del Ser Humano	Referencia
Tricotecenos	Media	Provoca vómitos, diarrea, taquicardia, hemorragias, edemas, necrosis de los tejidos cutáneos, hemorragias de la mucosa epitelial del estómago e intestino, destrucción de tejidos hematopoyéticos, disminución de los glóbulos blancos y plaquetas circulantes, meninges hemorrágicas (cerebro), alteración del sistema nervioso, Los sistemas y órganos afectados son, el sistema digestivo, nervioso, circulatorio y la piel.	Cefalea, fatiga crónica, síntomas de tipo catarral y gripal, irritación dérmica	Koop (2016)
Fumonisinias	Media	Induce a trastornos en el tracto gastrointestinal. La motilidad del rumen se puede reducir, produce daños hepáticos debido a que la fumonisinina es tóxica para el hígado y los riñones, y causa apoptosis, seguido de la proliferación de células regenerativas en los tejidos afectados, reduce la estabilidad y la protección celular causando la muerte celular.	Un estudio realizado en mujeres de Guatemala reveló que la ingesta de fumonisinias procedentes de alimentos basados en el maíz se correlacionaba con indicios de alteraciones del metabolismo de las grasas, tal como se ha observado en los estudios sobre la carcinogénica en modelos animales; y otro estudio indicó que la exposición a fumonisinias procedentes de alimentos basados en el maíz en la República Unida de Tanzania	Sala <i>et al.</i> (2016)
Zearalenona (ZEA)	Alta	Los signos clínicos típicos son vulvas hinchadas, prolapsos vaginales o rectales, secreciones vaginales anormales, pobre desempeño reproductivo, aumento de glándulas mamarias de vaquillas y mayor incidencia de infecciones en el tracto reproductivo.	Estos problemas reproductivos pueden causar un hiperestrogenismo, aumento de peso y de la actividad del útero y en los hombres habría reducción de producción de testosterona,	Fiama (2021)
Aflatoxinas	Alta	Provoca anorexia, decaimiento, descenso en la producción de leche, deficiente desarrollo de terneros, insuficiente ganancia de peso en animales de engorda y probablemente aborto en la forma crónica, ataca al hígado en distintos grados y combinaciones gran proliferación en conductos biliares endoflebitis ocasional y fenómenos degenerativos necróticos.	Episodio febril breve, vómitos, edema de las extremidades inferiores, hemorragia gastrointestinal masiva, molestias abdominales, taquicardia, además las aflatoxinas son mutágenas (afectan al DNA) para las bacterias, genotóxicas y pueden causar defectos congénitos en niños;	Santillán et al. (2017)
Ocratoxina A (OTA)	Baja	La ocratoxina no afecta al ganado debido a que degrada rápidamente en el rumen, por lo que se cree que tiene limitadas consecuencias, esto debido a que los rumiantes tienen una alta capacidad ruminal para hidrolizar la micotoxina nefrotóxica, la ocratoxina	No existen estudios que demuestren que cause algún daño esta micotoxina por el consumo de leche o carne de los bovinos.	Rondón (2020)

Realizado por: Edwin Chulli, 2023.

3.2.3. Peligrosidad de las micotoxinas en la salud de las aves y del ser humano.

En el sector avícola el 70% de los gastos totales representa a la alimentación, por ende, la calidad del alimento debe ser alta para así cumplir y asegurar el bienestar del ave y la generación de un subproducto final con altos estándares de. El impacto negativo que presentan las micotoxinas sobre la producción avícola puede medirse por los efectos adversos en los índices productivos y por una menor capacidad de respuesta inmune del ave frente a diferentes agentes biológicos del medio (Guzmán, 2018 p. 12).

Los granos contaminados con micotoxinas disminuyen la calidad del alimento y son detrimentales para la producción de aves, algunas micotoxinas pueden tener un gran impacto en el desempeño productivo de aves. No es un secreto para nadie que un alimento balanceado para animales (ABA) que contenga micotoxinas, impactará negativamente la producción. Durante los años lluviosos, existe una altísima probabilidad de que las micotoxinas estén presentes en granos y sus subproductos. La mayoría de los sistemas de producción son afectados por una dosis única o por combinación de varios tipos de micotoxinas.

Los síntomas de intoxicación por micotoxinas son inespecíficos y son similares para todas las especies de animales, con pérdida de apetito y disminución de sus capacidades productivas en general, según la especie; igualmente puede darse una disminución en la ganancia de peso, perjuicio en la conversión alimenticia y disminución en la resistencia inmunológica (Ochoa, *et al.* 2014).

Además de afectar a la salud del ser humano con el consumo de la carne, huevos y vísceras de las aves. Las vísceras, especialmente el consumo de hígado, representa un mayor riesgo que el consumo de carne, debido a que la mayoría de las micotoxinas se metabolizan y se concentran a nivel hepático. Cuanto mayor es la concentración de micotoxinas en el alimento que ingieren los animales, más altos son los niveles de residuos presentes en los tejidos, lo que representa un mayor riesgo para la salud pública. Sin embargo, una vez que se elimina de la dieta el alimento contaminado, los niveles residuales en los animales descienden rápidamente a valores aceptables (Moreira, 2019).

A continuación, en la tabla 5-3 y 6-3 se indica las afectaciones en la salud tanto al ave de engorde y ponedora como al ser humano, de las diferentes micotoxinas encontradas por los diferentes autores, para esto se ha dado un grado de peligrosidad de bajo medio y alto.

Tabla 5-3: Grado de peligrosidad de las micotoxinas en la salud animal de las aves de engorde.

Micotoxina	Grado de Peligrosidad	Salud del Animal	Salud del Ser Humano	Referencia
Aflatoxinas	Alta	<p><u>Efectos carcinogénicos:</u> Alta incidencia de cáncer en los animales expuestos</p> <p><u>Efectos hematopoyéticos:</u> Hemorragias; anemia</p> <p><u>Efectos neurotóxicos:</u> Síndrome nervioso (conductas anormales)</p> <p><u>Efectos dérmicos:</u> Deterioro del plumaje, palidez de las membranas mucosas y las piernas (síndrome del ave pálida)</p>	<p>Las enfermedades asociadas con la ingesta de alimentos que contienen aflatoxinas se dan principalmente en el hígado y los riñones, órganos que sufren de un crecimiento o inflamación anormal y a su vez si el consumo de este alimento contaminado es considerable podría conllevar a adquirir enfermedades crónicas como cáncer o hepatitis.</p>	Melgarejo (2019)
Ocratoxina A (OTA)	Media	<p><u>Inmunosupresión:</u> Disminución de la resistencia a agentes estresantes ambientales y microbianos, mayor susceptibilidad a enfermedades</p> <p><u>Efectos nefrotóxicos:</u> Aumento del consumo de agua; disfunción renal</p> <p><u>Efectos hepatotóxicos:</u> Daño del hígado.</p>	<p>Alteración en las funciones del intestino, lo que conduce a diarreas, vómitos, mala absorción, inflamación intestinal</p>	Toso <i>et al.</i> (2016)
Tricotecenos	Alta	<p><u>Inmunosupresión:</u> Disminución de la resistencia a los agentes estresantes ambientales y microbianos; aumento de la susceptibilidad a las enfermedades</p> <p><u>Disminución del rendimiento:</u> Reducción del consumo de alimento, ganancia de peso.</p> <p><u>Efectos gastrointestinales:</u> Diarrea</p> <p><u>Efectos hematopoyéticos:</u> Hemorragias</p> <p><u>Efectos neurotóxicos:</u> Disminución de los reflejos; posición anormal de las alas</p> <p><u>Toxicidad dérmica:</u> Toxicidad oral y dérmica; deterioro del plumaje</p> <p><u>Cambios patológicos:</u> Necrosis de los tejidos</p>	<p>Afecta el sistema inmune atravesando el epitelio intestinal y alcanzando el compartimiento sistémico. Además, estas micotoxinas logran alterar el metabolismo de los patógenos, lo que puede resultar en la alteración de la enfermedad infecciosa.</p>	Villavicencio (2021)
Fumonisinias	Media	<p><u>Disminución del rendimiento:</u> Menor ganancia de peso.</p> <p><u>Efectos gastrointestinales:</u> Diarrea</p> <p><u>Efectos hematopoyéticos:</u> Trastornos hematológicos</p> <p><u>Cambios patológicos:</u> Aumento del peso de riñones e hígado; necrosis del hígado</p>	<p>Episodio febril breve, vómitos, edema de las extremidades inferiores, hemorragia gastrointestinal masiva, molestias abdominales, taquicardia.</p>	Del Río & Méndez. (2016)
Ocratoxina A (OTA)	Baja	<p>Merma de la ganancia de peso, vómitos y signos neurológicos.</p>	<p>No existen estudios que demuestren que cause algún daño esta micotoxina.</p>	Ochoa <i>et al.</i> (2014)

Tabla 6-3: Grado de peligrosidad de las micotoxinas en la salud animal de las aves ponedoras

Micotoxina	Grado de Peligrosidad	Salud del Animal	Salud del Ser Humano	Referencia
Aflatoxinas	Alta	<u>Efectos hepatotóxicos</u> : Alteraciones hepáticas; Ictericia (piel amarilla), disminución del consumo de alimento, ganancia diaria de peso, peso al sacrificio y producción de huevos; parvadas no homogéneas; disminución de la incubabilidad de los huevos	Las enfermedades asociadas con la ingesta de alimentos que contienen aflatoxinas se dan principalmente en el hígado y los riñones, órganos que sufren de un crecimiento o inflamación anormal.	Melgarejo (2019)
		<u>Efectos teratogénicos:</u> Defectos de nacimiento en las crías		
		Disminución de la respuesta inmune. Fallas vacunales y persistencia de patógenos. Disminución de la producción, tamaño y peso de huevos,		
Ocratoxina A (OTA)	Media	<u>Disminución del rendimiento:</u> Reducción de la producción de huevo, peso del huevo y ganancia de peso; disminución de la calidad de la cáscara del huevo; retraso en el crecimiento; disminución de la conversión alimenticia.	Alteración en las funciones del intestino, lo que conduce a diarreas, vómitos, mala absorción, inflamación intestinal	Toso <i>et al.</i> (2016)
		Causa una degeneración del tejido hepático y bajan la síntesis de albumina.		
		Efectos sobre la calidad de cáscara y mortalidad embrionaria		
Tricotecenos	Alta	<u>Disminución del rendimiento:</u> Reducción del consumo de alimento, ganancia de peso, producción de huevo y calidad de la cáscara del huevo, déficit en el ICA.	Afecta el sistema inmune atravesando el epitelio intestinal y alcanzando el compartimiento sistémico. Además logran alterar el metabolismo de los patógenos.	Villavicencio (2021)
		Daños en las células del sistema digestivo causando mala absorción de nutrientes y daños en el hígado.		
		Lesiones necróticas en la mucosa de la boca, lengua y tubo intestinal. Efectos sobre el sistema nervioso y la piel.		
Ocratoxina A (OTA)	Baja	Bajas en los índices productivos. Mayor susceptibilidad a enfermedades infecciosas y mayor resistencia al tratamiento con antibióticos o antiparasitarios.		Ochoa <i>et al.</i> (2014)
		También se ha observado mala calidad de la pluma, patrón de emplume anormal y plumas erizadas, posición anormal de las plumas de las alas.		
		Disminución de la puesta. Reducción de la absorción de nutrientes. Aumento de manchas en cáscaras	No existen estudios que demuestren que cause algún daño esta micotoxina por el consumo de leche o carne de los bovinos.	

Realizado por: Chulli Edwin 2023

3.3. Comparación de los métodos utilizados por los diferentes autores para la cuantificación de las micotoxinas en alimentos balanceados

La contaminación por micotoxinas en los cultivos y la posterior contaminación por micotoxinas en los alimentos y los piensos es actualmente una preocupación importante en la seguridad ambiental y alimentaria, que afecta tanto a la producción agrícola como a la cría de animales. A su vez, la detección rápida de los niveles de micotoxinas en alimentos y piensos, así como en otras matrices biológicas y ambientales, es de vital importancia tanto en el seguimiento de las micotoxinas como en la evaluación de la exposición (Serrano, 2015 p. 40). Por lo general, las micotoxinas resultan difíciles de eliminar, por lo que se debe prevenir su aparición. Debido a su ubicuidad y los peligros que presentan para la salud animal y humana de las micotoxinas, resulta esencial el establecimiento de límites de tolerancia en los alimentos (Arroyo, *et al.* 2014). La alimentación animal puede estar contaminada con microorganismos, micotoxinas, subproductos animales, contaminantes orgánicos y metales tóxicos. Entre estos contaminantes, las micotoxinas se destacan como contaminantes alimentarios principales (Capitao, 2017 p. 17).

Para determinar si el material de alimentación y otras materias primas están contaminadas con micotoxinas, debe ser analizado para detectar micotoxinas. Los procedimientos de muestreo adecuados son un requisito previo para obtener resultados fiables debido a la distribución heterogénea de las micotoxinas en los cereales y otros productos básicos (Carmona, 2015 p. 2). Dentro de los métodos para la cuantificación de micotoxinas se destacan los ensayos inmune enzimáticos (ELISA), aunque son sólo semicuantitativos y se han utilizado como métodos de “screening”, siendo importantes en el desarrollo de ensayos rápidos, repetibles y sensibles. Estos ensayos son adecuados para el uso en el campo y la selección de productos alimenticios en las fábricas de piensos (Babu & Muriana, 2014, p. 26). Otros de los métodos analíticos para la separación de micotoxinas incluyen la cromatografía en capa fina (TLC), cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), la cual inició el camino para detectar múltiples micotoxinas simultáneamente en una muestra. Por otra parte, la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (tándem) (LC-MS/MS) aumentó el potencial para detectar cientos de micotoxinas simultáneamente en una muestra (Murugesan *et al.* 2015).

El reconocimiento de que las micotoxinas es importante ya que afectan la salud humana y animal, lo que ha llevado a una intensa investigación sobre los métodos para reducirlas, incluyendo la detección y eliminación o desintoxicación de las micotoxinas (Murugesan *et al.* 2015). Es por ello que en la tabla 7-3 se indica los métodos utilizados por los diferentes autores para la detección de las micotoxinas en alimentos balanceados.

Tabla 7-3: Métodos utilizados por los diferentes autores para la detección de la micotoxinas en alimentos balanceados.

Especie	Materia prima analizada	Método de detección	Micotoxina encontrada	Referencia
Aves	Maíz y Soya	ELISA	Ocratoxina A y toxina T-2	Castro et al (2015)
Bovinos	Alimentos comerciales y de granja para bovinos	Cromatografía en capa fina (TLC)	Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2	Santibáñez et al (2011)
Aves	Arroz	Cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC)	Aflatoxina B1	Parra et al (2018)
Cerdos	Alimentos balanceados	Cromatografía en capa fina (TLC)	Aflatoxina y Zearalenona	Knass et la (2015)
Bovinos	Pasturas	Cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa (LC-MS/MS).	Zearalenona	Ramírez et al (2014)

Realizado por: Chulli Edwin 2023.

De acuerdo a lo reportado en la tabla 12-3; (Castro *et al* 2015) en su estudio “*Cuantificación de Micotoxinas en Ingredientes Alimenticios Utilizados en la Dieta de Aves Comerciales*”; realizo el método de cuantificación mediante ELISA en las materias primas de maíz y soya destinadas para la alimentación de aves. Encontrando la presencia de las micotoxinas ocratoxina A y toxina T-2, mediante el muestreo de 139 muestras de maíz y 64 de soya para el contenido de ocratoxina A y 193 muestras de maíz y 144 de soya para el contenido de toxina T-2. Los resultados indicaron 66.2 y 67.4% de muestra positivas de maíz para ocratoxina A y toxina T-2, respectivamente. Asimismo, 71.9 y 88.9% muestras positivas de soya para ocratoxina A y toxina T-2, respectivamente.

Al igual que (Peruzzo & Pioli 2016) quienes estudiaron la presencia de micotoxinas en harinas derivadas de trigo y soja detectadas por prueba de Elisa, encontrando micotoxinas deoxinivalenol y zearalenona. Estas mismas autoras añaden que el kit de Elisa constituyó una herramienta biotecnológica efectiva para la detección de la contaminación predominante de zearalenona, producida por *F. graminearum*, en harinas de trigo y soja de diferentes ambientes semicontrolados y naturales. Al mismo tiempo (Guerrero 2018) explica que ELISA es una técnica se basa en la capacidad de un anticuerpo específico para distinguir la estructura tridimensional de una micotoxina determinada. El principio de la técnica se basa en la unión específica de antígeno (micotoxina)-anticuerpo y es una de las más utilizadas en análisis de rutina, para determinar la contaminación de maíz con deoxinivalenol y zearalenona, producidos por *F. graminearum*, y la detección de aflatoxinas de *Aspergillus niger* en alimentos y subproductos (López, 2020 p. 15).

Por su parte (Santibáñez *et al.* 2011) realizaron la identificación y cuantificación de hongos micotoxigénicos en alimento para bovinos, mediante el análisis de 30 muestras de dos kg de alimento comercial destinados para la alimentación de bovinos, utilizando el método de identificación de la micotoxina de cromatografía en capa fina (TLC). Detectando un 33.33% de muestras positivas a aflatoxinas, encontrando en su mayoría la B₁ en un 70%, la B₂ en 30%, la G₂ y G₁ en un 40 y 10%, todas ellas con una concentración de 81 ppb. Según (Delgado & Cuca 2016) la cromatografía en capa fina (TLC) ha representado un avance significativo sobre otros métodos de análisis de micotoxinas, por su sensibilidad y precisión en la detección de diversos compuestos.

La cromatografía TLC es particularmente popular para el monitoreo de reacciones, la purificación de muestras y la identificación de compuestos y contaminantes en mezclas. Es un método muy valioso utilizado en química y bioquímica para la separación y análisis de una amplia variedad de mezclas de moléculas (Capitao, 2017 p. 25). Las TLC's se pueden utilizar para separar mezclas de iones inorgánicos, moléculas orgánicas y compuestos biorgánicos tales como pigmentos, lípidos, aminoácidos, nucleótidos y azúcares.

Mientras que (Vallejo *et al.* 2020) indica que la TLC permite determinar el grado de pureza de un compuesto, identificar y comparar analitos y realizar el seguimiento de una reacción, razón por la que es ampliamente usada. Asimismo, esta técnica es de fácil comprensión y ejecución, lo que permite separaciones en corto tiempo, versátiles y de bajo costo. (Trombete *et al.* 2013) señala que entre las ventajas de los análisis por TLC se encuentran las siguientes: uso de pequeñas cantidades de reactivos, estándares y muestras; identificación de diferentes compuestos en una misma corrida, la detección de sustancias en condiciones severas de separación sin riesgo de dañar o afectar algún tipo de instrumento (Parra *et al.* 2018).

Realizaron la cuantificación por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) de la aflatoxina B₁ generado en el arroz. El análisis se lo realizó en muestras de 50 y 20 gramos de extractos de arroz obteniendo concentraciones promedio de aflatoxina B₁ de 94, 93 y 24,64 ppb respectivamente. Según (Maniglia *et al.* 2015) la cromatografía líquida de alta resolución es uno de los más métodos más confiables, selectivos y precisos para la detección y cuantificación de aflatoxinas, la sensibilidad de este método permite detectar esta toxina a partir de 6 ppb. Al igual que (Knass *et al.* 2015) quienes realizaron el análisis de micotoxinas en alimento balanceado para cerdos en 11 muestras mediante TLC; obteniendo valores en aflatoxinas de 18 ppb, y para la zearalenona de 527 ppb.

Ambas micotoxinas en las raciones son bajas, se deben controlar en forma periódica las variaciones que pueden hallarse en la materia prima, para proceder de tal manera de reducir al mínimo la contaminación de los alimentos elaborados. En el caso de (Maniglia *et al* 2015) define a la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) es un tipo de cromatografía en columna, en la cual un disolvente (fase móvil) pasa a través de una fase estacionaria (columna) mediante la acción de una bomba. La separación de las moléculas ocurre en base a la interacción de éstas con la fase móvil y fase estacionaria. (Guamán *et al* 2018) explican que es una técnica selectiva, reproducible y exacta. La detección se realiza mediante técnicas de espectrometría de absorción y emisión, como por ejemplo la detección ultravioleta (UV) y la fluorescencia (FL), basadas en la presencia de un cromóforo en las moléculas, o bien mediante espectrometría de masas (MS), basada en la identificación de las moléculas según su relación masa/carga.

Mientras que Sandoval (2013) manifiesta que es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica. Ramírez *et al* (2014) estudiaron la variación estacional de la presencia de micotoxinas en pasturas naturales destinadas a la alimentación bovina utilizando cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa (LC-MS/MS), realizando el muestreo en las pasturas naturales en un establecimiento ubicado en la provincia del Chaco (Argentina) donde se recolectaron 106 muestras de pasturas naturales.

El análisis reveló la presencia de ZEA en 95 de las 106 muestras analizadas, con una concentración media de 84,5 µg/ kg. (Guamán *et al* 2018) indican que la cromatografía líquida/espectroscopía de masa (LC/MS) es una técnica microanalítica usada para identificar compuestos desconocidos, cuantificar compuestos conocidos, y para elucidar la estructura y propiedades químicas de las moléculas requiere cantidades pequeñas de muestra y obtiene información característica como el peso y algunas veces la estructura del analito. LC-MS es muy común en farmacocinéticos estudios de los productos farmacéuticos y por lo tanto la técnica más frecuentemente utilizada en el ámbito de bioanálisis (Sosa *et al.* 2017). Así mismo se utiliza en el desarrollo de drogas e identificación de las mismas. La alta sensibilidad y la selectividad y el alto rendimiento de LC / MS / MS que sea eficaz para la determinación de trazas en matrices biológicas complejas (Sanabria *et al.*2017).

CONCLUSIONES

En esta investigación realizada tanto a porcinos, bovinos y aves las micotoxinas más relevantes encontradas fueron: aflatoxinas (AF), la ocratoxina A (OTA), la zearalenona (ZEN), las fumonisinas (F) y las tricotocenas (TCT), estas se destacan como contaminantes alimentarios principales llegando a tener efectos crónicos y agudos graves sobre la salud de los seres humanos y los animales.

Dentro del grado de peligrosidad de las micotoxinas sobre la salud en el animal estos se ubican en medio y alto, por el daño que sufren los porcinos, bovinos y aves las que se caracterizan principalmente por reducción de la productividad, el aumento de la incidencia de enfermedades y la disminución del rendimiento reproductivo, y en el caso la salud del hombre el consumo de alimentos con micotoxinas puede ser cancerígeno afectando al hígado y riñones.

Los métodos de detección de micotoxinas que utilizaron en las diferentes investigaciones fueron: ELISA, cromatografía en capa fina (TLC), cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) y cromatografía líquida-espectrometría de masas (LC-MS). De estos métodos ELISA es un método de elección cuando se requiere un análisis rápido, pero requiere un análisis confirmatorio por LC-MS/MS. De ahí que LC-MS/MS es el método de análisis más confiable, seguro y preferido para las micotoxinas en muestras de alimentos y piensos.

RECOMENDACIONES

Realizar el control de micotoxinas en alimentos balanceados destinados para la alimentación de bovinos, aves y porcinos, para lo cual se recomienda la técnica de la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) ya que es el método de análisis más confiable como se lo ha estudiado en esta investigación.

Continuar con esta investigación, con mayor profundidad, debido a los riesgos que poseen las micotoxinas tanto para la salud humana y animal, así como también para la economía de nuestros productores.

Realizar alianzas entre el gobierno ecuatoriano con las entidades gubernamentales pertinentes (Ministerio de Agricultura, MAGAP entre otras) con el fin de disminuir la contaminación con micotoxinas, a través de capacitaciones, talleres de campo y charlas, mismas que serán dictadas a los productores agrícolas para que así minimicen la presencia de micotoxinas en las materias primas analizadas en este estudio.

Se recomienda trabajar en las fortalezas y debilidades ya que el país de Ecuador posee con gran cantidades de materia prima, pero en alto costo de los equipos para realizar análisis han impedido realizar estudios a gran profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

ACCENSI, Francisco. Las micotoxinas & sus efectos en la salud del porcino. Definición, clasificación y efectos tóxicos. [En línea]. 2017. [Consulta 2021-06-21] Disponible en: <https://porcino.info/download/Micotoxinas-salud-porcino.pdf>

ACOSTA S “Memoria de 1er Curso-Taller sobre aflatoxinas en maíz. Antecedentes históricos e importancia de la contaminación con aflatoxinas” *Tamaulipas* [en línea], 1994, (México), p. 36 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/70667/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

ALCÁZAR TRIVIÑO, Juan. Micotoxinas en producción porcina. Definición, clasificación y efectos tóxicos. [En línea]. 2013. [Consulta 2021-06-19] Disponible en: https://www.3tres3.com/articulos/micotoxinas-en-produccion-porcina-definicion-clasificacion-y-efectos_32917/

ALLTECH. Problemas por Micotoxinas en Cerdos. [En línea]. 2018. [Consulta 2022-02-07] Disponible en: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/745395/01Spanish/Booklet_Swine_Practical_Issues_2020_V5.pdf

ALTAMIRANO, Jessica Romina. Aflatoxinas AFM1 en Leche de Consumo: Aspectos Toxicológicos y Metodológicos de Evaluación Pericial. [En línea] (Trabajo de titulación). (Especialista en Criminalística). Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Córdoba, Argentina. 2021. pp.13-14 [Consulta 2021-11-16]. Disponible en: [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/14126/Altamirano%2C%20J.%20R.%20Aflatoxinas%20AFM%20en%20leche%20de%20consumo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20aflatoxinas%20M1%20y%20M2,aflatoxina%20B1%20\(Figura%203\).](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/14126/Altamirano%2C%20J.%20R.%20Aflatoxinas%20AFM%20en%20leche%20de%20consumo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20aflatoxinas%20M1%20y%20M2,aflatoxina%20B1%20(Figura%203).)

ANDERSEN Brigitte “Penicillium expansum: Consistent Production of Patulin, Chaetoglobosins, and Other Secondary Metabolites in Culture and Their Natural Occurrence in Fruit Products”. *Agricultura y química de Alimentos*. [en línea], 2004, (Dinamarca) Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <http://higiene.unex.es/bibliogr/Micotoxi/af522421.pdf>

ARROYO MANZANARES, Natalia. Control de micotoxinas en alimentos. [En línea] (Boletín. Universidad de Granada. Departamento de Química Analítica. Granada, España. 2014. pp.9-10.

[Consulta 2021-05-17]. Disponible en:
https://www.ugr.es/~fqm302/media/pdf/BOLETIN%20GRASEQA_7_2014.pdf

Belli N, Marín S “Ochratoxin A in wines, musts and grapes juices from Spain”. *Scien Food Agric* [en línea], 2004, España, pp.541-546 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en:
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3512847&pid=S0212-1611201100060000400007&lng=es

BERNAL BARQUERO, Carlos Eduardo<https://www.revistanefrologia.com/es-revision-alteraciones-expresion-genica-vias-articulo-S0211699519300463-aff0005> & **VÁZQUEZ ZAPIÉN Gustavo Jesús** “Revisión de las alteraciones en la expresión génica y vías apoptóticas provocadas en la nefrotoxicidad inducida por cisplatino” *Sociedad Española de Nefrología* [en línea], 2019, España, pp. 362-371 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en:
<https://www.revistanefrologia.com/es-pdf-S0211699519300463>

BERNATE RODRÍGUEZ, Ximena. Efecto de micotoxinas presentes en el alimento de bovinos de leche y su impacto en la salud pública. *Universidad Cooperativa de Colombia.* [En línea]. (2017). (Colombia). Volumen 18 N° 3. ISSN: 0124-4361. pp.5-6. [Consulta 2021-09-18]. Disponible en:
https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6137/1/2018_efecto_de_micotoxinas.pdf

BOLET ASTOVIZA Miriam “Micotoxinas y cáncer”. *Investigaciones Biomédicas* [en línea], 2005, Cuba 24(1), pp. 141. [Consulta: 26 noviembre 2021]. ISSN 0864-0300. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002005000100007

CAMILETTI Boris Xavier Estrategias de manejo de aspergillus flavus y penicillium spp. para la reducción de los niveles de micotoxinas en maíz [en línea], (Trabajo de Titulación). (Doctor) Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias, España 2019. pp. 12-13 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: Camiletti, B. X. Estrategias de manejo de Aspergillus flavus y Penicillium...pdf (22.70Mb)

CAPELLI, Alejandra et al. Aflatoxinas en alimentos y leche de vacas de 18 establecimientos comerciales de las regiones centro-sur y este de Uruguay. *Veterinaria.* [En línea]. (2019). (Uruguay). Volumen 55 N° 212. ISSN: 1688-4809. pp.52-54. [Consulta 2022-09-18]. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/vet/v55n212/1688-4809-vet-55-212-52.pdf>

CAPITAO FERREIRA, Isabel. Aplicaciones de metodologías analíticas para detectar y cuantificar AFB1, en piensos, creando un diseño de monitoreo en la producción avícola de la

Provincia de Huambo, Angola. [En línea] (Trabajo de titulación). (Magíster). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Santiago, Chile. 2017. pp.17-18. [Consulta 2021-11-06]. Disponible en:

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146608/Aplicaciones-de-metodologias-analiticas-para-detectar-y-cuantificar-AFB1-en-piensos-creando-un-diseno-de-monitoreo-en-la-produccion-avicola-de-la-Provincia-de-Huambo-Angola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CEPEDA SÁEZ, Alberto, et al. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación al efecto sobre la población española de la derogación de la normativa nacional sobre límites máximos permitidos para las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en alimentos. Madrid, España. 2015. pp.27-28. [Consulta 2022-05-17]. Disponible en:

https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/AFLATOXINAS_ALIMENTOS.pdf

CISNEROS SALAZAR, Gabriela Stefany. Determinación de los niveles de Aflatoxina M1 en leche cruda de vaca, de los cantones Mejía y Quito – Pichincha, en época lluviosa y seca, y sus factores de riesgo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador. Facultad Medicina y Veterinaria y Zootecnia. Quito, Ecuador. 2019. pp.14-15. [Consulta 2022-04-11]. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20246/1/T-UCE-0014-MVE-077.pdf>

COLOMA ADAYINA, Zoila et al. Micotoxinas en la avicultura: efectos en la rentabilidad, medidas de prevención y control (Parte I). [En línea]. 2019. [Consulta 2021-06-19] Disponible: <https://actualidadavipecuaria.com/micotoxinas-en-la-avicultura-efectos-en-la-rentabilidad-medidas-de-prevencion-y-control-parte-i/>

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Reglamento 1881 contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. 2006. Parlamento Europeo. Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20121203:ES:PDF>

COMISIÓN PANAMERICANA DE LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS (COPAIA). Inocuidad de los alimentos. 2001 (Blog) [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/inocuidad-alimentos>

DE LA ROSA M et al. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio medioambiental* [en línea], 2011, España 1 (5), pp. 375-402. [Consulta: 26 noviembre 2021]. ISSN: 1139-1987.

DE MARÍA, Pablo. et al. Manual práctico micotoxinas en ganado lechero. [En línea]. 2017. [Consulta 2021-06-22] Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/57-Manual_Practico.pdf

DEL RÍO GARCÍA, Juan Carlos & MÉNDEZ ALBORES, Abraham. Micotoxinas que afectan a la industria avícola. *Revista Argentina de Producción Animal*. [En línea]. (2016). (Argentina). Volumen 12 N° 3. ISSN: 2310-2799. pp.3-4. [Consulta 2021-05-18]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/11-Micotoxinas_Avicola.pdf

DETROY, R. “Aflatoxin and related compounds” *Microbial Toxins*. [en línea], 1971 (New York). 6. pp.4-178 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/70667/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

DOLORES María, & ORTEGA Víctor. Evaluación de la micro extracción líquido líquido dispersiva para la determinación de patulina en zumos de manzana mediante electroforesis capilar [en línea], (Trabajo de Titulación). (Magister) Universidad de Granada , Química Analítica, España. 2011. pp. 5 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/18248>

EL PRODUCTOR. ¿Cuál es el impacto de las Micotoxinas en Pollos? [En línea]. 2017. [Consulta 2021-02-21] Disponible en: <https://elproductor.com/2017/04/cual-es-el-impacto-de-las-micotoxinas-en-pollos/>

ESPÍNDOLA FIGUEROA, S. Micotoxinas y micotoxicosis en el ganado bovino lechero. *Revista Chapingo Series Zonas Áridas*. [En línea]. (2017). (México). Volumen 1 N° 1. ISSN: 2007-526X. pp.93-94. [Consulta 2021-04-18]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545053013.pdf>

FERNÁNDEZ A Belío, R Ramos “Aflatoxins and their metabolites in the tissues, faeces and urine from lambs feeding on an aflatoxincontaminated diet ” *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 74(2), 161-168. (1997).

FIAMA AIHELEN, Fornies. Impacto de las micotoxinas en la producción porcina. [En línea] (Trabajo de titulación). (Médico Veterinario). Universidad Nacional Rio Negro. Escuela de Veterinaria y Producción Agroindustrial. Choele, Argentina. 2021. pp.55-56 [Consulta 2021-06-19]. Disponible en: <https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/7174/1/Fornies%2C%20Fiama%20A.%20-%20Impacto%20de%20las%20micotoxinas%20en%20la%20producci%C3%B3n%20porcina.pdf>

GIMENO Alberto. Principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas. 2002 (Blog) [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/principales-factores-condicionantes-desarrollo-t26065.htm>

GIMENO, Alberto & MARTINS, María Ligia. Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos. [En línea]. 2015. [Consulta 2021-06-29] Disponible en: <https://www.specialnutrients.com/pdf/book/3%20edicion%20MICOTOXINAS%20LR%20Secu%20re.pdf>

GIMENO, Alberto. Aflatoxina M1 en la Leche. Riesgos para la Salud Pública, Prevención y Control. [En línea]. 2016. [Consulta 2021-06-29] Disponible en: https://www.adiveter.com/ftp_public/articulo1790.pdf

GUZMÁN YARCE, Laura Andrea. Presencia de micotoxinas en la alimentación de gallinas ponedoras. [En línea]. (Seminario). Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tolima, Colombia. 2018. pp.26-26 [Consulta 2021-08-19]. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14413/1/2019_presencia_micotoxinas_alimentacion.pdf

KNASS, Patricia. Presencia de Micotoxinas en Granos y Raciones para Cerdos (agriNEA). [En línea]. 2016. [Consulta 2021-08-20] Disponible en: <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/presencia-micotoxinas-granos-raciones-t26110.htm>

LANDEROS, Patricia et al. Niveles de aflatoxina m1 en leche cruda y pasteurizada comercializada en la zona metropolitana de Guadalajara, México. *Revista de Salud Animal*. [En línea]. (2016). (México). Volumen 31 N° 1. ISSN: 0253-570X. pp.41-42. [Consulta 2022-06-18]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ras/v34n1/ras06112.pdf>

LÓPEZ de Cerain & JIMENEZ A “Efectos tóxicos de la Ocratoxina” *Tecnología de alimentos*, 2000. (España) [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: https://www.adiveter.com/ftp_public/articulo804.pdf

MANIGLIA MÉRIDA, Gema Carolina. et al. Determinación de aflatoxinas en alimentos balanceados para cerdos en granjas de los estados Aragua y Carabobo, Venezuela. *Revista Científica*. [En línea]. (2016). (Venezuela). Volumen 25 N° 3. ISSN: 0798-2259. pp.203-205. [Consulta 2021-07-13]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/959/95939206003.pdf>

MANZO SÁNCHEZ Gilberto CANTO CANCHÉ Blond “Hongos patógenos enemigos versátiles” *Ciencia* [en línea], 2005, (México) p, 71 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/56_3/hongos.pdf

MARTÍNEZ PADRÓN Hadassa Yuef “El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas”. *Fitopatología* [en línea], 2013, México, 31(2) [Consulta: 26 noviembre 2021]. ISSN 0185-3309. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200005

MERLASSINO, Jorge Luis. Micotoxinas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Especialista en Producción Animal). Universidad Nacional del Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. Balarce, Argentina. 2014. pp.15-16 [Consulta 2021-03-19]. Disponible en: http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tespo/0_mermic162.pdf

MISSMER, S. & SUAREZ, A. Exposure to fumonisins and the occurrence of neural tube defects along the Texas–Mexico border. *Environmental Health Perspectives*. (2006) (Mexico) 114(2), pp. 237-241.

MOREIRA, Fernando. Micotoxinas en aves de corral y su impacto sobre la salud pública. [En línea]. 2019. [Consulta 2021-10-29] Disponible en: <https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/micotoxinas-en-aves-de-corrall-y-su-impacto-sobre-la-salud-publica>

NUTRICION PERSONALIZADA. *Que hace que los microorganismos crezcan*. [Blog]. 18 enero 2010. [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible: https://nutricionpersonalizada.blog/2010/01/18/microorganismos_crezcan/

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Las aflatoxinas un grave peligro para la salud humana y del ganado.2018 (Blog) [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: https://www.who.int/foodsafety/FSDigest_Aflatoxins_SP.pdf

PÉREZ MANJARREZ Gustavo “Hongos ciclos biológicos” *Ciencias Agrícolas* [en línea], 2016, (México), p. 1-37 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68355/secme-8348.pdf?sequence=>

PÉREZ OCHOA, Juan Carlos. et al. Intoxicación por micotoxinas en pollos de engorde: reporte de caso. *Ciencia Revista Citecsa*. [En línea]. (2014). (Colombia). Volumen 4 N° 7. ISSN: 20217-4765. pp.54-56. [Consulta 2021-57-18]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/RevistaCITECSA/2014/vol4/no7/6.pdf>

PRADO RODRÍGUEZ, Ramón Eduardo. Revisión sobre las aflatoxinas en Avicultura. [En línea] (Trabajo de titulación). (Médico Veterinario). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá, Colombia. 2018. pp.30-31. [Consulta 2021-11-11]. Disponible: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/1078/Revisi%F3n%20sobre%20las%20af%20latoxinas%20en%20Avicultura%20final.pdf;jsessionid=13825CA819212624B06FEA0108E99D9D?sequence=1>

QUILES SOTILLO, Alberto. Efecto de las micotoxinas en la producción porcina. [En línea]. 2015. [Consulta 2022-01-21] Disponible en: http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/cys_2_Micotoxinas_produccion_porcina1.pdf

RAMIREZ HIGUERA Abril. “El método dinámico para la determinación de la actividad de agua”. *Interdisciplinaria de Biotecnología.*, (2007) (México) [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/18886/1/EI%20m%C3%A9todo%20din%C3%A1mico...pdf>

RANGEL MUÑOZ Erika Janet et al “Caracterización de *Aspergillus flavus* y cuantificación de aflatoxinas en pienso y leche cruda de vacas en Aguascalientes, México” *Ciencias agropecuarias* [en línea], 2019, (México), p. 443 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v11n2/2448-6698-rmcp-11-02-435.pdf>

RAVELO Abreu & C. RUBIO Armendáriz “La Ocratoxina A en alimentos de consumo humano: revisión” *Nutrición Hospitalaria* [en línea], 2011, España 26 (6), pp. 1. [Consulta: 26 noviembre 2021]. ISSN 0212-1611. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000600004

RICHARD, J. L. “ Some major mycotoxins and their mycotoxicose - An overview”. *International Journal of Food Microbiology*. [en línea], 2007, México 18(6).

RODRÍGUEZ BLANCO, María. et al. Micotoxinas y ganado lechero. [En línea]. 2019. [Consulta 2021-07-18] Disponible en: <https://mycotoxinsite.com/micotoxinas-y-ganado-lechero/>

RUIZ QUIROZ. “Las micotoxinas y salud”. Sociedad Química del Perú 82 n° 84 (2016),(Perú), pp. 387

SALA, R. et al. Micotoxinas y su impacto en la producción porcina [En línea]. 2016. [Consulta 2021-06-18] Disponible en: https://www.adiveter.com/ftp_public/A1090508.pdf

SANCHIS Vicente & MARIN Sonia. *Factores determinantes en la producción de micotoxinas.* Madrid-España, Ediciones Diaz de Santos 2015, p. 73.

SANDOVAL CAÑAS, Gustavo José. Determinación de aflatoxinas totales, por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), en matriz de cereales: maíz y cebada. [En línea] (Trabajo de titulación). (Químico). Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Químicas. Quito, Ecuador. 2013. pp.34-36. [Consulta 2021-12-10]. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2159/1/T-UCE-0008-13.pdf>

SANTILLÁN MENDOZA Ricardo “Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública?”. *Digital Universitaria* [en línea], 2017, (México) Vol. 18 p, 1 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.18/num6/art46/PDF_art46.pdf

SANTILLÁN MENDOZA, R & RODRÍGUEZ ALVARADO, G Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública? *Revista Digital Universitaria (RDU)*, (2017) (México) 18(6), pp, 6. [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <http://revista.unam.mx/>.

SANTILLÁN MENDOZA, Ricardo et al. Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública? *Revista Digital Universitaria.* [En línea]. (2017). (México). Volumen 18 N° 6. ISSN: 1607-6079. pp.13-15. [Consulta 2021-08-18]. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.18/num6/art46/PDF_art46.pdf

SWEENEY, Michael J & DOBSON, Alan DW. Producción de micotoxinas por especies de *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. *Revista internacional de microbiología alimentaria*, 1998, vol. 43, no 3, pág. 141-158.

TAPIA VERA Rodrigo. Micotoxina Patulina: Incidencia, Toxicidad, Análisis y Legislación. [en línea], (Trabajo de Titulación). (Magister) Universidad Zaragoza, Facultad de Veterinaria, España, 2020, pp. 3 [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/96282/files/TAZ-TFM-2020-844.pdf>

THEIAMANAKA, Beatriz & IDJANE SANTANA Oliveira “Micotoxinas en alimentos” *Ciencia Agronómica*. [en línea], 2010, Brasil, pp. 141. [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <http://ead.codai.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/128>

TOSO, R. et al. Presencia de micotoxinas en alimentos balanceados para ponedoras. *Ciencia Veterinaria*. [En línea]. (2016). (Argentina). Volumen 18 N° 1. ISSN: 1515-1883. pp.43-44. [Consulta 2021-07-18]. Disponible en: <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/4463/v18n1a03toribio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VILLAVICENCIO MONGE, Kimberlyn. Determinación y caracterización de los efectos de las micotoxinas en la cadena productiva avícola: elaboración de alimentos balanceados y utilización en granja de engorde. [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Heredia, Costa Rica. 2021. pp.37-38. [Consulta 2021-04-11]. Disponible: <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/22177/Determinaci%c3%b3n%20y%20caracterizaci%c3%b3n%20de%20los%20efectos%20de%20las%20micotoxinas%20en%20la%20cadena%20productiva%20av%c3%adcola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

XIAO H, MADHYASTHA S, “Toxicity of Ochratoxin A, its opened lactone form and several of its analogs: structure-activity relationships”. *Toxicol Appl Pharmacol*. [en línea], 2006, [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3512873&pid=S0212-1611201100060000400020&lng=es

ZUMBADO SALAZAR Carlos & ULLOA FALLAS Marlon “Aflatoxina b1 y su relación con el cáncer hepático” *Médica de costa rica y Centroamérica LXXI* [en línea], 2014, Costa Rica, 637(612) [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2014/rmc144d.pdf>


D.B.R.A.
Ing. Cristian Castillo





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 24 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: EDWIN SAUL CHULLI YUPANGUI
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: CIENCIAS PECUARIAS
Carrera: INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS
Título a optar: INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



0568-DBRA-UTP-2023