



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Maestría en Sanidad Animal

### Análisis de la contaminación por micotoxinas en alimento balanceado y materias primas utilizados en dietas de cerdos en la parte alta de la provincia del Oro

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Sanidad Animal.

#### **AUTOR:**

M.V.Z Byron Josue Azanza Sanchez

#### **DIRECTOR:**

MVZ. Rodrigo Medardo Abad Guamán, PhD.

Loja-Ecuador

2025

## **Certificación**

Loja, 27 de marzo de 2025

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Análisis de la contaminación por micotoxinas en alimento balanceado y materias primas utilizados en dietas de cerdos en la parte alta de la provincia del Oro”** de autoría de la estudiante **Byron Josue Azanza Sanchez**, con cédula de identidad Nro. 0106381924, previa a la obtención del título de **Magister en Sanidad Animal**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Byron Josue Azanza Sanchez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:** .....

**Cédula de Identidad:** 0106381924

**Fecha:** 27 de marzo de 2025

**Correo electrónico:** [bjazanzas@unl.edu.ec](mailto:bjazanzas@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0986683416

**Carta de autorización por parte de la autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Byron Josue Azanza Sanchez**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Análisis de la contaminación por micotoxinas en alimento balanceado y materias primas utilizados en dietas de cerdos en la parte alta de la provincia del Oro”**, como requisito para optar el título de **Magister en Sanidad Animal** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte y seis días del mes de marzo del dos mil veinticinco.



**Firma:** .....

**Autor:** Byron Josue Azanza Sanchez

**Cédula:** 0106381924

**Dirección:** Balsas, Ecuador.

**Correo electrónico:** bjazanzas@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0986683416

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, PhD.

## **Dedicatoria**

*Dedico principalmente a Dios, que en todas las circunstancias ha estado presente y me ha guiado en las etapas difíciles de mi vida. La gratitud y la veneración a las personas por la ayuda prestada en las jornadas de esfuerzo y dedicación, que conlleva la ejecución de este trabajo, de manera especial a mis padres Eulalia y Byron, a mis hermanos y amigos, que sin escatimar esfuerzo alguno, estuvieron a mi lado apoyándome para el cumplimiento del mismo.*

*Byron Josue Azanza Sanchez.*

## **Agradecimientos**

*La autoría deja constancia de su agradecimiento a las autoridades por la colaboración prestada en esta prestigiosa institución y permitir la realización del presente trabajo; a Magíster en Sanidad Animal, a la planta docente y de manera especial a Rodrigo Medardo Abad Guamán PhD, Director del trabajo investigativo por la colaboración brindada para el logro en la obtención de mi título de cuarto nivel.*

*Byron Josue Azanza Sanchez.*

## Índice de Contenido

|  |     |
|--|-----|
| Portada.....   | i   |
| Certificación .....  | ii  |
| Autoría .....  | iii |
| Dedicatoria.....   | v   |
| Agradecimientos.....   | vi  |
| Índice de Tablas .....   | ix  |
| 1. Título .....  | 1   |
| 2. Resumen.....  | 2   |
| Abstract.....  | 3   |
| 3. Introducción .....  | 4   |
| 4. Marco teórico .....   | 6   |
| 4.1. Situación mundial de contaminación de micotoxinas.....                              | 6   |
| 5. Metodología .....   | 19  |
| 5.1. Área de estudio.....  | 19  |
| 5.2. Procedimiento.....  | 19  |
| 5.2.1. <i>Diseño de la investigación</i> .....   | 19  |
| 5.2.2. <i>Tamaño de la muestra y tipo de muestreo</i> .....                              | 20  |
| 5.2.3. <i>Técnicas</i> .....   | 20  |
| 5.2.4. <i>Variables de estudio</i> .....   | 20  |
| 5.3. Procesamiento y análisis de la información .....                                    | 21  |
| 6. Resultados.....   | 23  |
| 7. Discusión .....   | 45  |
| 7.1. Tipo de micotoxinas.....  | 45  |
| 7.2. Frecuencia de micotoxinas.....  | 45  |
| 7.2.1. <i>Frecuencia de Aflatoxina en materia prima y alimento balanceado.</i> .....     | 45  |
| 7.2.2. <i>Frecuencia de Fumonisina en materia prima y alimento balanceado.</i> .....     | 46  |
| 7.2.3. <i>Frecuencia de Deoxynivalenol en materia prima y alimento balanceado.</i> ..... | 46  |
| 7.2.4. <i>Frecuencia de Ocratoxina en materia prima y alimento balanceado.</i> .....     | 47  |
| 7.2.5. <i>Frecuencia de Toxina T2 en materia prima y alimento balanceado.</i> .....      | 47  |
| 7.2.6. <i>Frecuencia de Zearalenona en materia prima y alimento balanceado.</i> .....    | 48  |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| <b>7.3.</b> | <b>Concentración de micotoxinas.</b>   | 49 |
| 7.3.1.      | <i>Concentración de Aflatoxinas para materias primas y alimentos balanceados.</i>                      | 49 |
| 7.3.2.      | <i>Concentración de Fumonisina para materias primas y alimentos balanceados.</i>                       | 49 |
| 7.3.3.      | <i>Concentración de Deoxynivalenol para materias primas y alimentos balanceados.</i>                   | 50 |
| 7.3.4.      | <i>Concentración de Ocratoxina para materias primas y alimentos balanceados.</i>                       | 50 |
| 7.3.5.      | <i>Concentración de Toxina T2 para materias primas y alimentos balanceados.</i>                        | 51 |
| 7.3.6.      | <i>Concentración de Zearalenona para materias primas y alimentos balanceados.</i>                      | 51 |
| <b>7.4.</b> | <b>Frecuencia de micotoxinas en materias primas.</b>   | 52 |
| <b>7.5.</b> | <b>Frecuencia de micotoxinas en alimentos balanceados.</b>   | 53 |
| <b>7.6.</b> | <b>Factores asociados para la detección de micotoxinas en materias primas y alimentos balanceados.</b> | 54 |
| 7.6.1.      | <i>Humedad y Temperatura</i>   | 54 |
| 7.6.2.      | <i>Estaciones climáticas, origen de la muestra, y mes del año.</i>                                     | 55 |
| <b>8.</b>   | <b>Conclusiones</b>  | 57 |
| <b>9.</b>   | <b>Recomendaciones</b>   | 58 |
| <b>10.</b>  | <b>Bibliografía</b>  | 59 |
| <b>11.</b>  | <b>Anexo</b>   | 74 |



## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Concentraciones máximas en $\mu\text{g}/\text{kg}$ tolerables para diferentes micotoxinas en alimento de cerdos (Flores et al., 2018)..... | 17 |
| <b>Tabla 2.</b> Niveles límite para micotoxinas en maíz (Flores et al., 2018).....   | 17 |
| <b>Tabla 3.</b> Límites máximos para aflatoxinas en cereales (Flores et al., 2018). ....   | 17 |
| <b>Tabla 4.</b> Caracterización de las variables .....   | 20 |
| <b>Tabla 5.</b> Ocurrencia de la aflatoxina en materias primas. ....   | 23 |
| <b>Tabla 6.</b> Ocurrencia de la Fumonisina en materias primas. ....   | 24 |
| <b>Tabla 7.</b> Ocurrencia de deoxynivalenol en materias primas. ....  | 24 |
| <b>Tabla 8.</b> Ocurrencia de ocratoxina en materias primas. ....  | 25 |
| <b>Tabla 9.</b> Ocurrencia de toxina T2 en materias primas.....  | 26 |
| <b>Tabla 10.</b> Ocurrencia de zearalenona en materias primas. ....  | 27 |
| <b>Tabla 11.</b> Ocurrencia de aflatoxina en alimentos balanceados. ....   | 28 |
| <b>Tabla 12.</b> Ocurrencia de fumonisina en alimentos balanceados. ....   | 28 |
| <b>Tabla 13.</b> Ocurrencia de deoxynivalenol en alimentos balanceados.....  | 29 |
| <b>Tabla 14.</b> Ocurrencia de ocratoxina en alimentos balanceados. ....   | 30 |
| <b>Tabla 15.</b> Ocurrencia de toxina T2 en alimentos balanceados.....   | 31 |
| <b>Tabla 16.</b> Ocurrencia de zearalenona en alimentos balanceados. ....  | 32 |
| <b>Tabla 17.</b> Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Aflatoxina en materias primas y alimentos balanceados. ....                         | 35 |
| <b>Tabla 18.</b> Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Fumonisina en materias primas y alimentos balanceados. ....                         | 36 |
| <b>Tabla 19.</b> Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Deoxynivalenol en materias primas y alimentos balanceados. ....                     | 36 |
| <b>Tabla 20.</b> Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Ocratoxina en materias primas y alimentos balanceados. ....                         | 37 |
| <b>Tabla 21.</b> Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Toxina T2 en materias primas y alimentos balanceados. ....                          | 37 |
| <b>Tabla 22.</b> Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Zearalenona en materias primas y alimentos balanceados. ....                        | 37 |
| <b>Tabla 23.</b> Factores asociados para la Presencia de Aflatoxina en materias primas y alimentos balanceados. ....                                       | 38 |
| <b>Tabla 24.</b> Factores asociados para la Presencia de Fumonisina en materias primas y alimentos balanceados. ....                                       | 39 |
| <b>Tabla 25.</b> Factores asociados para la Presencia de Deoxynivalenol en materias primas y alimentos balanceados. ....                                   | 40 |
| <b>Tabla 26.</b> Factores asociados para la Presencia de Ocratoxina en materias primas y alimentos balanceados. ....                                       | 41 |
| <b>Tabla 27.</b> Factores asociados para la Presencia de Toxina T2 en materias primas y alimentos balanceados. ....  | 42 |
| <b>Tabla 28.</b> Factores asociados para la Presencia de Zearalenona en materias primas y alimentos balanceados. ....                                      | 43 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Mapa de la zona de estudio.....                          | 19 |
| <b>Figura 2.</b> Frecuencia de micotoxinas en materias primas. ....       | 33 |
| <b>Figura 3.</b> Frecuencia de micotoxinas en alimentos balanceados. .... | 34 |

## Índice de Anexos

|  |    |
|--|----|
| <b>Anexo 1.</b> Tabla matriz de recopilación de datos de la investigación..... | 74 |
| <b>Anexo 2.</b> Certificado de traducción en inglés.....                       | 75 |

## **1. Título**

Análisis de la contaminación por micotoxinas en alimento balanceado y materias primas utilizados en dietas de cerdos en la parte alta de la provincia del Oro.

## 2. Resumen

La presencia de micotoxinas en materias primas y alimentos balanceados destinados a la alimentación animal representa un problema de seguridad alimentaria y salud animal. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la frecuencia y concentración de micotoxinas en alimentos balanceados para cerdos y sus ingredientes en la parte alta de la provincia de El Oro, Ecuador. Se realizó un estudio observacional descriptivo longitudinal entre 2020 y 2024, utilizando la técnica de ELISA para la detección de aflatoxinas, fumonisinas y zearalenona en muestras de afrecho de trigo, maíz, soya, polvillo, arrocillo, trigo, cono de arroz y alimentos balanceados para cerdos en diferentes fases productivas. Los resultados evidenciaron una alta ocurrencia de zearalenona en la soya (88 %), en el cono de arroz (100 %), en el trigo (90 %) y en el afrecho de trigo (95 %), lo que resalta la vulnerabilidad de estos insumos a la contaminación por *Fusarium* spp. En los alimentos balanceados para cerdos, la fase de lactancia presentó una ocurrencia del 86 %, mientras que en la fase de desarrollo la prevalencia alcanzó el 100 %. En cuanto a las aflatoxinas, el maíz mostró un rango de contaminación de 0,0 – 20,5 µg/kg, lo que concuerda con estudios previos que indican su alta susceptibilidad a *Aspergillus flavus* en regiones tropicales. Sin embargo, las fumonisinas presentaron las concentraciones más elevadas, con un rango en el maíz de 0,0 – 12.570 µg/kg y una ocurrencia del 94 %. En los alimentos balanceados para cerdos, la fase de desarrollo mostró la concentración más alta, alcanzando los 5020 µg/kg. Se concluye que las micotoxinas representan un riesgo importante para la seguridad alimentaria animal y la salud pública, ya que su acumulación en la cadena alimentaria puede afectar tanto a los animales como a los consumidores humanos. La implementación de programas de monitoreo y estrategias de control en la producción de alimentos balanceados para cerdos es fundamental para reducir la exposición a estos compuestos y mitigar sus efectos adversos en la salud y productividad animal.

**Palabras clave:** Micotoxinas, Aflatoxinas, Fumonisinias, Zearalenona, Alimentos balanceados para cerdos, Materias primas, Seguridad alimentaria, Producción porcina.

## **Abstract**

The presence of mycotoxins in raw materials and compound feeds intended for animal nutrition poses a significant risk to food safety, animal health, and public health. This study aimed to evaluate the frequency and concentration of mycotoxins in pig feed and its raw materials in the upper region of El Oro Province, Ecuador. A descriptive longitudinal observational study was conducted between 2020 and 2024, using ELISA techniques to detect aflatoxins, fumonisins, and zearalenone in samples of wheat bran, maize, soy, rice polishings, broken rice, wheat, rice cone, and pig feed across different production phases. The results showed a high occurrence of zearalenone in soy (88%), rice cone (100%), wheat (90%), and wheat bran (95%), highlighting the susceptibility of these ingredients to *Fusarium* spp. contamination. In pig feed, the lactation phase showed an occurrence of 86%, while the development phase reached 100% prevalence. Regarding aflatoxins, maize exhibited a contamination range of 0.0 – 20.5 µg/kg, aligning with previous studies indicating its high susceptibility to *Aspergillus flavus* in tropical regions. However, fumonisins had the highest concentrations, with a range in maize of 0.0 – 12,570 µg/kg and an occurrence of 94%. In pig feed, the development phase showed the highest concentration, reaching 5,020 µg/kg. It is concluded that mycotoxins pose a significant risk to pig feed safety and public health, as their accumulation in the food chain can affect both animals and human consumers. The implementation of monitoring programs and control strategies in pig feed production is essential to reduce exposure to these compounds and mitigate their adverse effects on animal health, productivity, and human health.

**Key words:** Mycotoxins, Aflatoxins, Fumonisin, Zearalenone, Pig feed, Raw materials, Food safety, Swine production, Public health.

### 3. Introducción

La contaminación por micotoxinas representa uno de los principales problemas a los que se enfrentan las poblaciones ganaderas y agrícolas, en particular en la cadena de producción porcina. Cuando hongos como *Aspergillus* y *Fusarium* producen micotoxinas, que son metabolitos secundarios tóxicos, pueden contaminar una amplia gama de alimentos y piensos, lo que supone graves riesgos para la salud tanto de los seres humanos como de los animales (Gurikar et al.,2022; Fokunang et al., 2006).

Además de provocar enfermedades agudas y crónicas en los animales, estas sustancias pueden tener un importante impacto económico negativo en los productores, afectando a la seguridad alimentaria y a la calidad del producto en general (Kępińska-Pacelik y Bien, 2021).

En la Parte Alta de la Provincia de El Oro, la producción porcina se enfrenta a múltiples retos relacionados con la presencia de micotoxinas en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la producción de materias primas hasta la comercialización de los productos finales. Investigaciones anteriores han documentado que estas toxinas, especialmente las aflatoxinas y otros metabolitos peligrosos, pueden tener efectos devastadores en la salud de los cerdos, afectando su crecimiento y aumentando la vulnerabilidad a enfermedades, lo que a su vez repercute en la salud pública (McDougal, 2024; Diekman y Green, 1992).

La problemática se agrava en especial por factores ambientales, como la humedad y la temperatura, que influyen en la producción y el almacenamiento de alimentos contaminados en una relación directamente proporcional. A pesar de las iniciativas para mitigar estos riesgos, la magnitud de la contaminación por micotoxinas sigue siendo preocupante, afectando aproximadamente al 25% de la cosecha mundial (KępińskaPacelik & Biel, 2021).

Dada esta complejidad, esta investigación se propone (i) Determinar la frecuencia y la concentración de micotoxinas en el alimento balanceado y materias primas utilizados en las dietas de cerdos, así como (ii) estudiar factores asociados a la presencia de micotoxinas en

alimento terminado y materias primas en las dietas de cerdos de la Parte Alta de la Provincia de El Oro.

Los hallazgos de este estudio beneficiarán a los productores locales para la implementación de prácticas más efectivas, también contribuirán a la salud pública y a la sostenibilidad del sector, al ofrecer recomendaciones basadas en evidencias para mejorar la seguridad alimentaria en la región.



## **4. Marco teórico**

### **4.1. Situación mundial de contaminación de micotoxinas**

A pesar de los esfuerzos por controlar las micotoxinas, siguen siendo un problema importante en la seguridad alimentaria a nivel mundial. Las micotoxinas, producidas por hongos que contaminan diversos alimentos, pueden causar problemas de salud en humanos y animales incluso en pequeñas cantidades (Dellafiora y Dall'Asta, 2017). Por lo cual Latham et al. (2023) y Altomare. (2021) mencionan en sus estudios factores favorables para el crecimiento de hongos, destacando entre ellos las condiciones climáticas, prácticas agrícolas inadecuadas, falta de control en la cadena de suministro y limitaciones tecnológicas en la detección y control de micotoxinas.

Para abordar este desafío, se requiere un enfoque integral que incluya medidas en la cosecha, almacenamiento, procesamiento y control de calidad de los alimentos, así como una mayor concienciación sobre el riesgo de micotoxinas (Sánchez et al., 2012).

Por su parte Mendoza et al. (2017) definen que las micotoxinas son sustancias tóxicas producidas por hongos que contaminan alimentos y piensos pudiendo ocasionar diversas enfermedades tanto agudas como crónicas en humanos y animales. Además su variada composición química influye en los efectos que tienen sobre la salud, siendo en algunos casos intoxicaciones graves al ingerir alimentos con altas concentraciones de micotoxinas, fenómeno más común en países con menores recursos para el control de calidad de los alimentos y piensos (Daou et al., 2021).

Por esta razón, organismos nacionales como internacionales evalúan constantemente sobre el riesgo que las micotoxinas suponen para la salud humana. Como resultado, se han fijado límites legales máximos para algunas de estas toxinas en alimentos y piensos, con el objetivo de minimizar los riesgos para la salud pública (Mendoza et al., 2017). Por ejemplo, los límites establecidos para las aflatoxinas, reconocidas por su alta toxicidad y su frecuente presencia en productos agrícolas (He, 2018).

El peligro derivado de las micotoxinas no es un fenómeno nuevo, ya que existen registros históricos que se remontan a finales del primer milenio. Las micotoxinas probablemente han existido desde el inicio de la agricultura, pero hasta tiempos recientes no se conocía la verdadera naturaleza química de estas entidades del metabolismo fúngico. Se puede suponer que existen pruebas históricas de su presencia desde la época de los Manuscritos del Mar Muerto Megias (2021). Existiendo pruebas de su aparición periódica e histórica de las aflatoxinas a principios de los años 60, considerándolas a las micotoxinas en ese momento un fenómeno de almacenamiento por el cual los granos que se enmohecían durante el almacenamiento permitían la producción de estos metabolitos secundarios que se demostró que eran tóxicos cuando los consumían los seres humanos y animales (Richard, 2007).

Desde entonces, se han identificado más de 300 micotoxinas diferentes, que incluyen las aflatoxinas (AFs), la ocratoxina A (OTA), la patulina (PAT), la citrinina (CIT), los tricotecenos (TCTs) del tipo A como la toxina T-2 (T2) y la toxina HT-2 (HT2), los tricotecenos del tipo B como el deoxinivalenol (DON), el 3-acetildeoxinivalenol (3AcDON) y el 15-acetildeoxinivalenol (15Ac-DON), las fumonisinas (FBs), la zearalenona (ZEN), y los alcaloides ergóticos presentes en el cornezuelo de centeno. Estos ejemplos resaltan la diversidad y la relevancia de las micotoxinas como agentes perjudiciales para la salud humana y animal (Alshannaq y Yu, 2017; Sillué et al., 2021).

#### **4.2. Situación de las micotoxinas en el Ecuador**

En Ecuador, según lo señalado por Bezerra et al. (2014), la presencia de micotoxinas en alimentos como el maíz, maní, café y otros granos representan una preocupación significativa debido a su impacto en la salud pública y la economía del país. Estas toxinas pueden formarse antes de la cosecha, después de ella, o durante el procesamiento, almacenamiento y consumo de los alimentos, deteriorando su calidad. Las micotoxinas, como las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas A y tricotecenos, son producidas por hongos que contaminan los alimentos, generando intoxicaciones agudas y crónicas, problemas hepáticos, cáncer, efectos inmunosupresores y otros trastornos tanto en seres humanos como en animales (Chulli, 2023).

(Godseill, y otros, 2021) Para abordar este problema, es fundamental implementar medidas de control y monitoreo de micotoxinas en la cadena alimentaria, desde la producción agrícola hasta el consumo final (Borja y Calvo, 2017). De esta forma instituciones como el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) juegan un papel clave en la investigación, monitoreo y control de micotoxinas en Ecuador, contribuyendo a la seguridad alimentaria y la salud de la población (Martínez et al., 2021).

Por tanto Velarde et al. (2023) menciona que, las micotoxinas en alimentos son una preocupación debido a los posibles efectos adversos que pueden tener en la población. Aunque se han establecido regulaciones y normativas para controlar los niveles de micotoxinas en los alimentos, es importante mantener una vigilancia constante y realizar estudios periódicos para garantizar la seguridad alimentaria (Borja y Calvo, 2017).

Asimismo, factores como las condiciones climáticas propicias para el desarrollo de hongos productores de micotoxinas, las prácticas agrícolas y de almacenamiento inadecuadas, y la falta de conciencia sobre los riesgos vinculados a las micotoxinas, son elementos que agravan esta problemática en Ecuador (Zingales et al., 2022; OMS, 2023).

El tema de las micotoxinas en Ecuador es crucial debido a las condiciones climáticas que favorecen el crecimiento de estos hongos en diferentes cultivos. Esta contaminación afecta negativamente la competitividad de los productos agrícolas ecuatorianos tanto en los mercados nacionales como internacionales, lo que tiene importantes repercusiones económicas (FAO, 2024). Por lo tanto, es fundamental tomar medidas para prevenir la contaminación en todas las fases de producción y establecer regulaciones eficaces que aseguren la seguridad alimentaria y protejan la salud pública en el país (Machuca, 2022).

### **4.3. Factores que favorecen la producción de micotoxinas**

La producción y presencia de micotoxinas en los alimentos están influenciadas por una variedad de factores ambientales y de manejo. Estos incluyen condiciones como temperatura, humedad y actividad de insectos, que pueden facilitar el crecimiento y diseminación de hongos productores de toxinas (Wagacha y Muthomi, 2008). Además, durante la cosecha, almacenamiento y transporte de los alimentos, las condiciones ambientales

y de manejo también desempeñan un papel crucial. En especial en Ecuador en el que la variabilidad climática es muy baja a lo largo del año lo que favorece la presencia y concentración de micotoxinas como consecuencia hay producción y presencia de micotoxinas en los alimentos destinados a la alimentación animal. Por ejemplo, la colonización y/o crecimiento de mohos saprobios o patógenos postcosecha sobre los granos almacenados de este modo, amenazan la inocuidad de un alto porcentaje de los cultivos alimentarios del mundo (Cano, 2018).

De acuerdo con Gimeno. (2022) y Sánchez et al. (2012) los factores que favorecen el crecimiento de los hongos y la producción de micotoxinas son:

#### ***4.3.1. Temperatura***

Las temperaturas ideales para el crecimiento de hongos productores de micotoxinas dependen de la especie, pero generalmente oscilan entre los 20 °C y 30 °C, siendo este el rango más adecuado para muchos de ellos. No obstante, algunos hongos tienen la capacidad de desarrollarse en rangos de temperaturas más amplios.

#### ***4.3.2. Humedad***

La humedad relativa, superior al 70 %, facilita la proliferación de hongos y la generación de micotoxinas. Por ejemplo, niveles de humedad superiores al 80 % son ideales para el crecimiento de *Aspergillus* y *Penicillium*, dos géneros de hongos responsables de la producción de micotoxinas.

#### ***4.3.3. Actividad de Agua (aw)***

Destacando su efecto en la proliferación de hongos, la presencia de agua en el entorno, los alimentos o los sustratos es un factor clave para el desarrollo de hongos y la formación de micotoxinas. De esta manera la relación existente entre el agua libre en los alimentos y la capacidad de los microorganismos para allí proliferar.

#### ***4.3.4. Actividad de insectos***

Ciertos insectos pueden dañar los granos almacenados, provocando heridas que facilitan la entrada de hongos patógenos. Además, al actuar como vectores, pueden introducir esporas de hongos, lo que contribuye a la contaminación.

#### ***4.3.5. Variaciones climáticas estacionales***

Las fluctuaciones estacionales de temperatura y humedad pueden afectar la aparición de contaminación por micotoxinas. Por ejemplo, las temporadas de lluvia incrementa la humedad en los cultivos durante la cosecha, lo que genera condiciones favorables para el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas.

#### ***4.3.6. Condiciones de almacenamiento***

Las condiciones durante el almacenamiento de los alimentos también son críticas. Un almacenamiento inadecuado, con alta humedad y temperatura, puede promover el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas.

### **4.4. Micotoxicosis**

Las micotoxinas son afecciones que ocurren debido a la ingestión de toxinas generadas por hongos. Aunque se han identificado toxinas en más de 100 especies de hongos, solo en número limitado de casos se ha demostrado una relación causal en animales de granja. Las micotoxicosis más significativas comprenden aflatoxicosis, eczema facial, nefropatía micotóxica y síndrome estrogénico (Krogh, 2007). Siendo crucial implementar medidas de prevención y control durante la producción y almacenamiento de alimentos para reducir los riesgos para la salud animal y pública. Esto implica prácticas adecuadas de manejo de cultivos, almacenamiento seguro de alimentos y análisis regular para detectar la presencia de micotoxinas (Sánchez et al., 2012).

De esta forma menciona, (Perusia y Rodríguez, 2001) características generales de las micotoxicosis:

- Los trastornos no se transmiten de un animal a otro.
- Los tratamientos con antibióticos no son efectivos.
- Los brotes de micotoxicosis se vinculan a condiciones climáticas específicas.
- La enfermedad está asociada con un tipo de alimento en particular.
- Un análisis detallado del alimento sospechoso puede mostrar indicios de crecimiento fúngico.
- No tienen un efecto tóxico acumulativo.

#### **4.5. Aflatoxinas**

Las aflatoxinas son sustancias tóxicas que se producen principalmente por hongos como *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* responsables de un declive significativo en la agricultura., los cuales contaminan diversos cultivos, especialmente granos como maíz, maní, sorgo y algodón. (Perusia y Rodríguez, 2001).

Estos hongos tienden a proliferar en condiciones de humedad entre el 80 % y el 87 %, con temperaturas entre 20 °C Y 30 °C. Representan un riesgo significativo para la salud, ya que pueden ser carcinógenos y causar efectos negativos si se ingieren en grandes cantidades (Villela et al., 2018).

La sensibilidad y toxicidad de las aflatoxinas varían considerablemente entre las especies, debido a las diferencias en su biotransformación, algunos animales, como pavos, ratas, cerdos, ovejas y caninos, son altamente susceptibles a las aflatoxinas, mientras que especies como monos, ratones y pollos son considerados más resistentes (Serrano y Cardona, 2015).

#### **4.6. Ocratoxinas**

La ocratoxina A (OTA) es una toxina generada por hongos como *Penicillium verrucosum* y *Aspergillus ochraceus*. Debido a su alta resistencia, esta toxina puede perdurar en los alimentos, lo que la convierte en un peligro para la salud humana y animal. Su desarrollo se favorece en condiciones de humedad entre el 80 % y el 85 %, por lo que es crucial

monitorear su presencia y establecer normativas para reducir su concentración en los alimentos (Aesan, 2023; López et al., 2000).

Esta micotoxina es un contaminante natural común en muchos alimentos, especialmente en granos, siendo una de las micotoxinas más tóxicas y relativamente estables. Según el informe de Marín et al. (2017), la OTA tiene efectos negativos sobre la función y estructura de los riñones y el hígado en los animales, además de causar inmunosupresión e impactar el rendimiento zootécnico, como el aumento de peso y la eficiencia alimentaria. Se destaca que las especies monogástricas son más susceptibles a los efectos de la OTA en comparación con los rumiantes, debido a su capacidad limitada para desintoxicar la OTA (McDougal, 2023).

#### **4.7. Fumonisin**

Las fumonisin son toxinas producidas por hongos como *Fusarium verticillioides* y *F. proliferatum*, que afectan el maíz y contaminan alimentos destinados tanto a animales como a humanos a nivel global Shephard et al. (1996). El primer caso documentado de intoxicación por fumonisin en cerdos ocurrió en 1981, pero fue en 1989 cuando miles de cerdos murieron en el sureste de Estados Unidos debido al consumo de maíz contaminado, un suceso que destacó los riesgos de estas toxinas en la cadena alimentaria y promovió iniciativas para controlar y prevenir su aparición desde entonces (Nutriad, 2018).

Según reportes de Sánchez et al. (2012) y Shephard et al.(1996), en los cerdos las fumonisin causan lesiones como edemas pulmonares en lechones, en cambio en cerdos adultos se presenta con lesiones hepáticas, nodulares o necróticas del páncreas.

#### **4.8. Deoxynivalenol**

El deoxynivalenol es una toxina generada por hongos como *Fusarium*, que comúnmente afecta a cereales como maíz, trigo, avena, cebada, arroz y otros granos, tanto en el campo como durante su almacenamiento, representando un riesgo para la salud animal (Sobrova et al., 2010). Su desarrollo se favorece en condiciones de temperatura (21 °C – 25 °C) y humedad respectivamente (87 % - 88%) convirtiéndola en una micotoxina relativamente frecuente en diferentes cereales. (Elika, 2023).

La sensibilidad y toxicidad de deoxynivalenol difieren según la especie animal. Provocando daños en diversos órganos desde su absorción en el tracto intestinal. Esto puede causar perjuicios en las células epiteliales, afectando su función barrera, lo que reduce el consumo de alimento y aumenta la aparición de úlceras gástricas y esofágicas en los animales intoxicados (Trujano, 2021).

#### **4.9. Toxina T2**

La toxina T2 es una micotoxina clasificada dentro del grupo de los tricotecenos, producida mayormente por hongos del género *Fusarium*, tales como *F. sporotrichioides* y *F. poae*. Esta micotoxina es reconocida por su alta toxicidad y amplio rango de efectos adversos en la salud de humanos y animales, principalmente debido a su capacidad para inhibir la síntesis proteica a nivel celular Alshannaq y Yu. (2017). Esto genera impactos severos en procesos biológicos esenciales, causando daño en tejidos, supresión inmunológica y afecciones sistémicas que pueden comprender la salud y productividad animal (Espíndola, 2006).

#### **4.10. Zearalenona**

La zearalenonas son micotoxinas generadas por diversos hongos del género *Fusarium*, como *F. culmorum*, *F. graminearum* y *F. crookwellense*. Estas toxinas se producen principalmente tras la cosecha de cereales como maíz y trigo, aunque también pueden afectar a otros cultivos como cebada, avena, arroz, sorgo y soja, así como a los productos derivados de estos cereales (Aesan, 2023; Wu et al., 2014).

La toxina ZEA , producida por hongos como *Fusarium graminearum* y *roseum*, conocida también como zearalenona o F-2, ejerce efectos estrogénicos en cerdas y otras especies, estimulando un aumento en la actividad y el peso del útero. Esta toxina se forma al interactuar con la glucosa de los granos, produciendo una beta lactona del ácido resorcílico, que tiene una fuerte afinidad por los receptores celulares estrogénicos. Aunque muestra una afinidad estrogénica clara desde el punto de vista físico-químico, su impacto biológico no es totalmente estrogénico (Sánchez et al., 2012; Molina et al., 2014).



Este hongo puede proliferar en granos almacenados durante mucho tiempo, especialmente en maíz, pero también se han registrado casos en otros cereales como avena, sorgo, cebada y trigo, así como en la hojarasca. También se ha encontrado en cantidades mínimas en fardos y rollos de alfalfa. Para que se produzca esta toxina, se requiere un contenido de humedad en el grano superior al 25%, seguido de un período inicial de altas temperaturas seguido por temperaturas bajas constantes o intermitentes (Perusia y Rodríguez, 2017).

#### **4.11. Efectos de las Micotoxinas a nivel celular**

Las micotoxinas son compuestos producidos por hongos que pueden contaminar alimentos y piensos, representando un riesgo para la salud, causando efectos agudos o crónicos en diferentes órganos, siendo difícil de diagnosticar debido a su variedad y a que los síntomas pueden aparecer semanas o meses después de la exposición. Es esencial realizar un diagnóstico minucioso y prevenir la contaminación de alimentos y piensos para evitar la formación de hongos productores de micotoxinas (Agriopoulou et al., 2020; García, 2023).

Las micotoxinas afectan los sistemas biológicos a través de tres mecanismos principales:

##### ***4.11.1. Inhibición de la síntesis de proteínas, ADN y ARN***

Las micotoxinas como la Ocratoxina A y la Toxina T-2 interfieren con procesos celulares vitales, como la producción de proteínas, ADN y ARN. Esto ocurre al bloquear enzimas específicas involucradas en estos procesos, reduciendo significativamente la eficiencia de la síntesis de proteínas y afectando negativamente la producción de ADN y ARN (Espíndola, 2006).

##### ***4.11.2. Alteración de la estructura de la membrana***

Las micotoxinas de la Ocratoxina A, Toxina T-2, Aflatoxinas, Fumonisin, Deoxinivalenol y Zearalenona pueden causar la oxidación de lípidos en los tejidos. Esto ocurre debido a cambios en las defensas antioxidantes del cuerpo, que pueden provocar la oxidación de lípidos en presencia de micotoxinas (Espíndola, 2006).

#### ***4.11.3. Inducción de la muerte celular programada (apoptosis)***

Las micotoxinas pueden desencadenar la apoptosis, un proceso de muerte celular controlado que elimina células innecesarias o dañadas. Esto se logra mediante la activación de enzimas específicas o alterando el equilibrio entre antioxidantes y prooxidantes en la célula (Zamora et al., 2005).

Estos efectos pueden tener consecuencias graves para la salud, incluida la supresión del sistema inmunológico, daño hepático, renal y neurológico, así como problemas de reproducción en animales de granja (Espíndola, 2006).

#### **4.12. Micotoxinas y salud pública**

Las micotoxinas son sustancias tóxicas generadas por hongos que pueden contaminar los alimentos, constituyendo un peligro para la salud de humanos y animales en todo el mundo. La presencia de estas toxinas en los alimentos es un desafío relevante, y la colonización de los alimentos por hongos productores de micotoxinas, así como su posterior contaminación, son factores cruciales que deben ser considerados en las estrategias de control y monitoreo (Janik et al., 2020).

Los hongos más frecuentes en la producción de micotoxinas son *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. y *Fusarium* spp., mientras que las principales familias de micotoxinas incluyen aflatoxinas, tricotecenos, ocratoxina A, fumonisinas y zearalenona. Estos compuestos pueden causar efectos tóxicos severos en la salud humana y animal, representando un riesgo para la salud pública (Duarte y Villamil, 2006; Wu et al., 2014).

La exposición a micotoxinas a través de la dieta puede tener efectos graves en la salud pública, desde problemas agudos como trastornos gastrointestinales hasta enfermedades crónicas, como el cáncer. Las personas en regiones con una regulación y prevención insuficientes están en mayor riesgo, ya que consumen alimentos más susceptibles a la contaminación por micotoxinas. Esto resalta la necesidad de aplicar medidas para asegurar la seguridad alimentaria y educar a la población sobre los peligros relacionados con estas toxinas (Wu et al., 2014; Godseill et al., 2021).

#### **4.13. Identificación y cuantificación de micotoxinas**

Los primeros estudios se centraron en desarrollar métodos para detectar micotoxinas, ya que estas no activan de manera directa la respuesta inmunitaria. Una estrategia común consistió en vincular las micotoxinas a proteínas o péptidos para inducir la producción de anticuerpos en animales, como los conejos (Lara, 2003). De esta forma, el análisis de micotoxinas se vuelve fundamental durante la etapa de almacenamiento de granos en la industria pecuaria. Es responsabilidad de esta industria garantizar la adquisición de granos de calidad para prevenir la contaminación, es necesario implementar programas de manejo de materiales eficaces, y contar con métodos de análisis químicos confiables (Lara, 2003; Edwards et al., 2002).

Los avances en el análisis de micotoxinas están resaltando las restricciones actuales en la comprensión del efecto real en la salud de los animales y los seres humanos debido a su presencia en los alimentos. Específicamente, la confirmación de la presencia simultánea de varios compuestos tóxicos en un mismo producto y el descubrimiento de nuevos elementos dentro de la categoría de micotoxinas requieren nuevas y específicas investigaciones toxicológicas (Anfossi et al., 2016; Agriopoulou et al., 2020).

De acuerdo con Arroyo et al. (2014) el análisis de micotoxinas adquiere gran relevancia, ya que las decisiones sobre reclamos, modificaciones en la dieta o en el manejo de los animales se basan en los resultados de laboratorio. Estos análisis proporcionan la información necesaria para tomar medidas correctivas y preventivas, garantizando la salud y el bienestar de los animales y la calidad de los productos pecuarios (Zhang, 2020).

#### **4.14. Límites permisibles para materias primas y alimentos terminados**

Los límites permisibles para materias primas y alimentos terminados son regulaciones establecidas para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud de los consumidores. Estos límites abarcan diversos aspectos, como contaminantes químicos, biológicos y físicos, así como nutrientes críticos y aditivos alimentarios. Las regulaciones varían según el país y se establecen para mantener la calidad y la inocuidad de los alimentos (Mallman et al., 2008).

La regulación de micotoxinas a nivel internacional es crucial para proteger la salud pública y facilitar el comercio de alimentos. Organizaciones como la Comisión del Codex

Alimentarius trabajan para armonizar normas y establecer límites que sean consistentes en diferentes países. Este proceso implica consideraciones científicas, técnicas y socioeconómicas, como la evaluación de datos toxicológicos, métodos de análisis y el impacto económico en la industria alimentaria. La Unión Europea es un ejemplo destacado de una regulación estructurada que forma parte de una red internacional. Con aproximadamente 50 combinaciones de micotoxinas y alimentos ya reguladas, se evidencia un compromiso continuo con la seguridad alimentaria y la protección de los consumidores a nivel global (Flores et al., 2018)

**Tabla 1.** Concentraciones máximas en  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tolerables para diferentes micotoxinas en alimento de cerdos (Flores et al., 2018).

| Animal                  | Afla B1 | Ocrat A | Zea   | DON | T2  |
|-------------------------|---------|---------|-------|-----|-----|
| Cerdos jóvenes <34 kg   | 20      | 50      | 100   | 200 | 150 |
| Cerdos adultos 34-57 kg | 50      | 50      | 200   | 250 | 200 |
| Cerdos adultos >57 kg   | 100     | 50      | 200   | 250 | 200 |
| Cerdas                  | 25      | 50      | 50</> | 250 | 200 |

**Tabla 2.** Niveles límite para micotoxinas en maíz (Flores et al., 2018).

| Animal                          | Suma de micotoxinas       | Límite $\mu\text{g}/\text{kg}$ |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Cerdos en terminación (engorda) | Aflatoxina B1, B2, G1, G2 | 200                            |
| Cerdos reproductores            | Aflatoxina B1, B2, G1, G2 | 100                            |
| Cerdos                          | DON                       | 10,000                         |
| Cerdos                          | Fumonisinias B1, B2, B3   | 5,000                          |
| Aves reproductoras              | Fumonisinias B1, B2, B3   | 30,000                         |

**Tabla 3.** Límites máximos para aflatoxinas en cereales (Flores et al., 2018).

---

| Animal                    | Límite µg/kg |
|---------------------------|--------------|
| Cerdos (engorda) 25-45 Kg | 100          |
| Cerdos (engorda) >45 Kg   | 200          |
| Cerdos (reproductores)    | 100          |

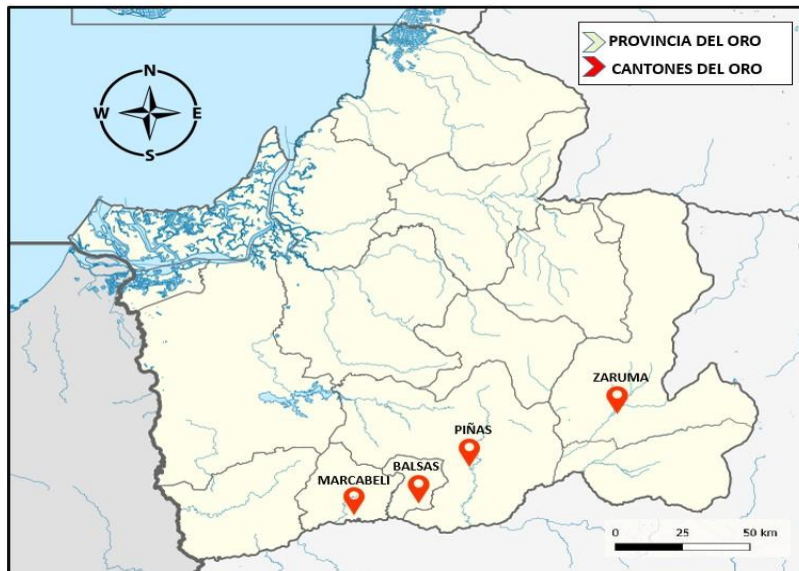
---

## 5. Metodología

### 5.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Parte Alta de la Provincia de El Oro (Balsas, Marcabelí, Piñas, Zaruma) ubicados en la región suroeste de Ecuador, es un área geográfica diversa y significativa en términos de producción pecuaria y agricultura en general. La altitud de esta región varía considerablemente, va de los 500 y los 2500 m.s.n.m. Esta variación altitudinal influye en las condiciones climáticas locales, que van desde climas tropicales en las zonas bajas hasta climas subtropicales en las áreas más elevadas. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 18°C y 24°C, con una estación seca de mayo a noviembre y una estación lluviosa de diciembre a abril.

**Figura 1.** Mapa de la zona de estudio.



### 5.2. Procedimiento

#### 5.2.1. Diseño de la investigación

Se utilizó un estudio observacional descriptivo de cohorte longitudinal, se recopilaron datos a lo largo del periodo 2020-2024, datos que fueron facilitados por el laboratorio de la empresa Z y R Corp de plantas de producción de alimento balanceado de la parte alta de la provincia de El Oro.

### 5.2.2. *Tamaño de la muestra y tipo de muestreo*

Se utilizaron los datos de los resultados del muestreo de las plantas de producción de alimento balanceado para cerdos recolectados en la provincia de El Oro durante el periodo 2020-2024.

### 5.2.3. *Técnicas*

El procedimiento de muestreo se llevó a cabo para dar cumplimiento al monitoreo rutinario de contaminación por micotoxinas de materia prima y alimento terminado en las plantas de producción de alimento balanceado, cuyos propietarios mantienen relaciones comerciales con la empresa Z y R Corp disponiendo del servicio de laboratorio de diagnóstico veterinario.

Se recolecto una muestra de aproximadamente un kilogramo de alimento terminado o materia prima en bolsas estériles tipo ziploc debidamente identificadas, transportadas hasta el laboratorio en la ciudad de Guayaquil para ser analizadas mediante el método de Elisa.

### 5.2.4. *Variables de estudio*

**Tabla 4.** Caracterización de las variables

| <b>Variable</b>           | <b>Definición</b>  | <b>Categorías</b>   | <b>Unidades</b> | <b>Instrumento</b>   |
|---------------------------|--|---|-----------------|--|
| Tipo de micotoxinas       | Especifica el tipo de micotoxina analizada en la muestra | Aflatoxinas, Ocratoxina, Fumonisinias, Zearalenona, Tricotecenos, etc.  | N/A             | Observación directa, análisis de laboratorio (cromatografía líquida, cromatografía de gases, etc.) |
| Frecuencia de micotoxinas | Proporción de muestras que contienen micotoxinas         | Positivo (presencia de micotoxinas), Negativo (ausencia de micotoxinas) | Porcentaje (%)  | Análisis de laboratorio (cromatografía, inmunoensayo, etc.)  |

|                              |   |                    |                         |   |
|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|---|
| Concentración de micotoxinas | Cantidad de micotoxinas presentes en las muestras positivas                               | N/A                | (ppm, ppb, ng/g, etc.)  | Análisis de laboratorio para cuantificación de micotoxinas. |
| Humedad                      | Humedad relativa durante el proceso de muestreo o almacenamiento de las muestras          | N/A                | Porcentaje (%)          | Datos climatológicos históricos de la zona                  |
| Temperatura                  | Temperatura durante el proceso de muestreo o almacenamiento de las muestras               | N/A                | Grados centígrados (°C) | Datos climatológicos históricos de la zona                  |
| Estaciones climáticas        | Periodo de tiempo del año en el que se realizó la recolección y análisis de las muestras. | Invierno<br>Verano | N/A                     | Datos climatológicos históricos de la zona                  |

### 5.3. Procesamiento y análisis de la información

Los datos recopilados se procesaron utilizando herramientas estadísticas tanto para las variables cualitativas como cuantitativas.

En el caso de las variables cualitativas, como la presencia o ausencia de micotoxinas en las diferentes muestras de materias primas y alimentos balanceados, se calcularon frecuencias absolutas (%) y se aplicó la prueba de Chi-cuadrado para evaluar asociaciones significativas entre tipos de muestras. En cuanto a las variables cuantitativas, como la concentración de micotoxinas y factores ambientales (humedad y temperatura), se calcularon medidas de tendencia central (media y mediana) y dispersión (desviación estándar y rango). Se realizaron pruebas de normalidad (Shapiro) para determinar la distribución de los datos y en función de estos resultados, se aplicaron pruebas de t de Student. Para evaluar la relación entre las variables ambientales y la concentración de micotoxinas se efectuaron análisis de correlación mediante Person. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software RStudio (versión 4.3.3), considerando un nivel de significancia del 5% ( $p < 0,05$ ) para determinar diferencias o asociaciones significativas, lo que permitió caracterizar la distribución



de micotoxinas y su posible relación con condiciones ambientales y prácticas de almacenamiento.

## 6. Resultados

**Tabla 5.** Ocurrencia de la aflatoxina en materias primas.

| Materia Prima    | Aflatoxina       |                  |            |       |              |
|------------------|------------------|------------------|------------|-------|--------------|
|                  | Rango<br>(ug/kg) | Media<br>(ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC<br>(95 %) |
| Afrecho de trigo | 0,0-5,8          | 1,0              | 13/28      | 46,0  | 24,7-79,3    |
| Maíz             | 0,0-20,5         | 2,9              | 24/51      | 47,0  | 30,1-70,0    |
| Soya             | 0,0-2,9          | 0,8              | 15/33      | 45,0  | 25,4-74,9    |
| Polvillo         | 0,0-4,9          | 2,7              | 13/14      | 93,0  | 49,4-100,0   |
| Arrocillo        | 0,0-1,6          | 0,5              | 1/3        | 33,0  | 0,8-100,0    |
| Trigo            | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/3        | 0,0   | 0,0-0,0      |
| Cono de arroz    | 3,7-3,7          | 3,7              | 1/1        | 100,0 | 2,5-100      |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 5 presenta la ocurrencia de aflatoxinas en diversas materias primas, revelando variaciones significativas en los niveles de contaminación. El polvillo presenta la ocurrencia más alta, con un 93 % de las muestras analizadas, con una media de 2,7 ug/kg y un intervalo de confianza de (49,4 % - 100 %), lo que indica que, aunque la prevalencia es alta, existe una considerable incertidumbre en la estimación. El cono de arroz también muestra una ocurrencia del 100 %, con una media de 3,7 ug/kg y un intervalo de confianza entre (2,5 % - 100 %), lo que refleja una alta prevalencia, aunque con una amplia variabilidad en la estimación. En el maíz, el 47% de las muestras presentan aflatoxinas, con una media de concentración de 2,9 ug/kg y un intervalo de confianza de (30,1 % - 70,0 %), lo que sugiere un grado moderado de incertidumbre. La soya tiene una ocurrencia del 45%, con una media de concentración de 0,8 ug/kg y un intervalo de confianza entre (25,4 % - 74,9 %), lo que también indica variabilidad en la prevalencia y la estimación. El afrecho de trigo tiene un 46 % de ocurrencia, con una media de concentración de 1,0 ug/kg y un intervalo de confianza de (24,7 % - 79,3 %), lo que refleja una incertidumbre moderada. El arrocillo muestra una ocurrencia del 33 %, con una media de concentración de 0,5 ug/kg y un intervalo de confianza muy amplio de (0,8 % - 100 %), lo que refleja una gran incertidumbre en la estimación de la prevalencia. Finalmente, el trigo no presenta aflatoxina con 0 % de ocurrencia, confirmando la ausencia de contaminación.

**Tabla 6.** Ocurrencia de la Fumonisina en materias primas.

| Materia Pirma    | Fumonisina       |                  |            |      |              |
|------------------|------------------|------------------|------------|------|--------------|
|                  | Rango<br>(ug/kg) | Media<br>(ug/kg) | Ocurrencia | %    | IC<br>(95 %) |
| Afrecho de trigo | 0,0-1530,0       | 540,7            | 24/28      | 86,0 | 54,9-100,0   |
| Maíz             | 0,0-12570,0      | 2422,3           | 48/51      | 94,0 | 69,3-100,0   |
| Soya             | 0,0-640,0        | 65,8             | 5/33       | 15,0 | 4,9-35,3     |
| Polvillo         | 0,0-300,0        | 21,4             | 1/14       | 7,0  | 0,1-39,7     |
| Arrocillo        | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/3        | 0,0  | 0,0-0,0      |
| Trigo            | 0,0-1810,0       | 896,6            | 2/3        | 67,0 | 8,0-100,0    |
| Cono de arroz    | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/1        | 0,0  | 0,0-0,0      |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 6 presenta la ocurrencia de fumonisinas en diversas materias primas, siendo las más relevantes el maíz y el afrecho de trigo, con un 94 % y 86 % de las muestras positivas respectivamente, y medias de concentración de 2422,3 ug/kg y 540,7 ug/kg, aunque sus intervalos de confianza son amplios (69,3 % - 100 % y 54,9 % - 100 %) indicando variabilidad en las estimaciones. El trigo presenta una ocurrencia del 67% y una media de 896,6 ug/kg, con un intervalo de confianza que varía entre (8,0 % - 100 %), lo que refleja una alta incertidumbre. La soya tiene una baja ocurrencia de 15 % , con una media de concentración 65,8 ug/kg y un intervalo de confianza de (4,9 % - 35,3 %), mientras que el polvillo tiene una ocurrencia aún más baja 7 % y un intervalo de confianza entre (0,1 % - 39,7 %). El arroccillo y cono de arroz no presentan fumonisinas detectables con 0 % de ocurrencia, con intervalos de confianza de 0,0 %, confirmando la ausencia de contaminación.

**Tabla 7.** Ocurrencia de deoxynivalenol en materias primas.

| Materia Prima    | Deoxynivalenol   |                  |            |       |              |
|------------------|------------------|------------------|------------|-------|--------------|
|                  | Rango<br>(ug/kg) | Media<br>(ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC<br>(95 %) |
| Afrecho de trigo | 0,0-980,0        | 232,8            | 12/28      | 43,0  | 22,1-74,8    |
| Maíz             | 0,0-5550,0       | 560,9            | 28/51      | 55,0  | 36,4-79,3    |
| Soya             | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/33       | 0,0   | 0,0-0,0      |
| Polvillo         | 0,0-530,0        | 158,6            | 6/14       | 43,0  | 15,7-93,2    |
| Arrocillo        | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/3        | 0,0   | 0,0-0,0      |
| Trigo            | 0,0-2340,0       | 966,6            | 2/3        | 67,0  | 8,0-100,0    |
| Cono de arroz    | 440,0-440,0      | 440,0            | 1/1        | 100,0 | 2,5-100,0    |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras

positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 7 presenta la ocurrencia de deoxynivalenol en diversas materias primas, destacando el maíz y el trigo como los más ocurrentes, con un 55 % y un 67 % de muestras positivas respectivamente, y medias de concentración de 560,9 ug/kg y 966,6 ug/kg. Sin embargo, sus intervalos de confianza son amplios (36,4 % - 79,3%) para el maíz y (8,0 % - 100 %) para el trigo, lo que refleja una alta variabilidad en las estimaciones. El afrecho de trigo presenta una ocurrencia del 43 % y una media de 232,8 ug/kg, con un intervalo de confianza entre (22,1 % - 74,8 %). El polvillo tiene una ocurrencia similar con un 43 %, con una media de concentración de 158,6 ug/kg y un intervalo de confianza entre (15,7 % - 93,2 %). Por otro lado la soya y el arrocillo no muestran contaminación detectable con 0 % de ocurrencia y con intervalos de confianza de 0,0 %, confirmando la ausencia de deoxynivalenol. Finalmente el cono de arroz, aunque con solo una muestra analizada, presenta un 100 % de ocurrencia y una concentración media de 440 ug/kg e intervalo de confianza entre (2,5 % - 100%), lo que limita la interpretación del impacto real.

**Tabla 8.** Ocurrencia de ocratoxina en materias primas.

| Materia Prima    | Ocratoxina    |               |            |      |            |
|------------------|---------------|---------------|------------|------|------------|
|                  | Rango (ug/kg) | Media (ug/kg) | Ocurrencia | %    | IC (95 %)  |
| Afrecho de trigo | 0-16,5        | 3,1           | 16/28      | 57,0 | 32,6-92,8  |
| Maíz             | 0-8,3         | 0,8           | 11/51      | 22,0 | 10,7-38,5  |
| Soya             | 0,0-55,4      | 0,7           | 9/33       | 27,0 | 12,4-51,7  |
| Polvillo         | 0,0-9,7       | 3,3           | 9/14       | 64,0 | 29,4-100,0 |
| Arrocillo        | 0,0-0,0       | 0,0           | 0/3        | 0,0  | 0,0-0,0    |
| Trigo            | 0,0-0,0       | 0,0           | 0/3        | 0,0  | 0,0-0,0    |
| Cono de arroz    | 0,0-0,0       | 0,0           | 0/1        | 0,0  | 0,0-0,0    |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 8 presenta la ocurrencia de ocratoxina en diversas materias primas, destacando el polvillo con una ocurrencia del 64 %, una media de concentración de 3,3 ug/kg y un intervalo de confianza que varía entre (29,4 % - 100 %), lo que indica una alta incertidumbre en la estimación. El afrecho de trigo muestra una ocurrencia del 57 %, con una media de concentración de 3,1 ug/kg y un intervalo de confianza de (32,6 % a 92,8 %), lo que indica una variación moderada en la estimación. La soya tiene una ocurrencia del 27 %, con una media de 0,7 ug/kg y un intervalo de

confianza entre (12,4 % - 51,7 %), lo que refleja una baja prevalencia con una considerable incertidumbre en la estimación. El maíz tiene una ocurrencia del 22 %, con una media de concentración de 0,8 ug/kg y un intervalo de confianza (10,7 % - 38,5 %), lo que indica una prevalencia baja y algo de variabilidad en las estimaciones. El arrozillo, el trigo y el cono de arroz no muestran detección de ocratoxina con 0 % de ocurrencia, con intervalos de confianza de 0 % confirmando la ausencia de contaminación en las muestras analizadas.

**Tabla 9.** Ocurrencia de toxina T2 en materias primas.

| Materia Prima    | Toxina T 2       |                  |            |      |              |
|------------------|------------------|------------------|------------|------|--------------|
|                  | Rango<br>(ug/kg) | Media<br>(ug/kg) | Ocurrencia | %    | IC<br>(95 %) |
| Afrecho de trigo | 0,0-189,9        | 28,4             | 19/28      | 67,0 | 40,8-100,0   |
| Maiz             | 0,0-23,1         | 3,6              | 11/51      | 22,0 | 10,7-38,5    |
| Soya             | 0,0-97,3         | 17,6             | 25/33      | 76,0 | 49,0-100,0   |
| Polvillo         | 0,0-27,7         | 9,7              | 7/14       | 50,0 | 20,1-100,0   |
| Arrocillo        | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/3        | 0,0  | 0,0-0,0      |
| Trigo            | 0,0-14,8         | 9,3              | 2/3        | 67,0 | 8,0-100      |
| Cono de arroz    | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/1        | 0,0  | 0,0-0,0      |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 9 presenta la ocurrencia de toxina T2 en diversas materias primas, destacando la soya que tiene una alta ocurrencia del 76 %, con una media de concentración de 17,6 ug/kg y un intervalo de confianza que va del (49 % - 100 %), indicando una prevalencia significativa y una alta certeza en la estimación. El afrecho de trigo presenta una ocurrencia del 67 %, con una media de concentración de 28,4 ug/kg y un intervalo de confianza entre (40,8 % y 100 %), lo que sugiere una prevalencia considerable y una incertidumbre moderada. El maíz tiene una ocurrencia del 22 %, con una media de concentración de 3,6 ug/kg y un intervalo de confianza entre (10,7 % - 38,5 %), indicando una prevalencia baja y un grado de incertidumbre en la estimación. El polvillo tiene una ocurrencia del 50 %, con una media de concentración de 9,7 ug/kg y un intervalo de confianza entre (20,1 % - 100 %), lo que refleja una prevalencia moderada pero con un amplio intervalo de confianza. El trigo presenta una ocurrencia del 67 %, con una media de concentración de 9,3 ug/kg y un intervalo de confianza (8,0 % - 100 %), lo que también refleja una alta incertidumbre en la estimación. Finalmente el arrozillo y el cono de arroz no presentan contaminación detectable con el 0 % de ocurrencia de las muestras analizadas.

**Tabla 10.** Ocurrencia de zearalenona en materias primas.

| Materia Prima    | Zearalenona      |                  |            |       |              |
|------------------|------------------|------------------|------------|-------|--------------|
|                  | Rango<br>(ug/kg) | Media<br>(ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC<br>(95 %) |
| Afrecho de trigo | 0,0-121,1        | 38,6             | 19/28      | 68,0  | 40,8-100,0   |
| Maiz             | 0,0-5101,3       | 325,8            | 35/51      | 69,0  | 47,8-95,4    |
| Soya             | 0,0-149,4        | 45,0             | 29/33      | 88,0  | 58,8-100,0   |
| Polvillo         | 0-3821,8         | 339,2            | 8/14       | 57,0  | 24,6-100,0   |
| Arrocillo        | 0,0-0,0          | 0,0              | 0/3        | 0,0   | 0,0-0,0      |
| Trigo            | 0,0-974,2        | 353,6            | 2/3        | 67,0  | 8,0-100,0    |
| Cono de arroz    | 39,9-39,9        | 39,9             | 1/1        | 100,0 | 2,5-100,0    |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 10 presenta la ocurrencia de zearalenona en diversas materias primas, destacando la soya con una ocurrencia del 88 %, una media de concentración de 45,0 ug/kg y un intervalo de confianza entre (58,8 % - 100 %), lo que indica una prevalencia significativa con alta certeza de estimación. El maíz tiene una ocurrencia del 69 %, con una media de concentración de 325,8 ug/kg y un intervalo de confianza de (47,8 % - 95,4 %), lo que también refleja una prevalencia moderada a alta, aunque con variabilidad. El afrecho de trigo tiene una ocurrencia del 68 %, con una media de concentración de 38,6 ug/kg y un intervalo de confianza entre (40,8 % - 100 %), lo que sugiere una moderada prevalencia y variabilidad en la estimación. El trigo presenta una ocurrencia del 67 %, con una media de concentración 353,6 ug/kg y un intervalo de confianza entre (8,0 % - 100 %), indicando una alta incertidumbre en la estimación. El polvillo tiene una ocurrencia del 57 %, con una media de concentración de 339,2 ug/kg y un intervalo de confianza de (24,6 % - 100 %), que indica una prevalencia moderada con un amplio intervalo de confianza. El cono de arroz tiene una ocurrencia del 100 %, con una media de 39,9 ug/kg y un intervalo de confianza de (2,5 % - 100 %) sin embargo muestra una variabilidad muy amplia en la estimación. Finalmente el arrozillo no presenta contaminación detectable con un 0 % de ocurrencia.

**Tabla 11.** Ocurrencia de aflatoxina en alimentos balanceados.

| Alimento Balanceado | Aflatoxina    |               |            |       |            |
|---------------------|---------------|---------------|------------|-------|------------|
|                     | Rango (ug/kg) | Media (ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC (95 %)  |
| Lactancia           | 0,0-0,0       | 0,0           | 0/7        | 0,0   | 0,0-0,0    |
| Crecimiento         | 0,0-4,7       | 1,1           | 2/5        | 40,0  | 4,8-100,0  |
| Gestación           | 0,0-15,3      | 2,7           | 3/8        | 38,0  | 7,7-100,0  |
| Destete             | 2,7-6,2       | 4,4           | 2/2        | 100,0 | 12,1-100,0 |
| Desarrollo          | 1,5-1,5       | 1,5           | 1/1        | 100,0 | 2,5-100,0  |
| Inicial             | 0,0-7,2       | 3,6           | 1/2        | 50,0  | 1,2-100,0  |
| Engorde             | 1,9-7,6       | 4,4           | 3/3        | 100,0 | 20,6-100,0 |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 11 presenta los resultados de la contaminación por aflatoxinas en diferentes alimentos balanceados, destacando que el destete, desarrollo y engorde son los que tienen una ocurrencia del 100 %, con concentraciones medias de 4,4 ug/kg, 1,5 ug/kg y 4,4 ug/kg, respectivamente con intervalos de confianza que revelan variabilidad en la estimación. El crecimiento y gestación muestran ocurrencias de 40 % y 38 %, con medias de concentración de 1,1 ug/kg y 2,7 ug/kg, aunque sus intervalos de confianza son amplios, indican una alta variabilidad en las estimaciones. Por otro lado, la lactancia no presenta contaminación detectada con 0 % de ocurrencia y un intervalo de confianza del 0,0 %. El inicial tiene una ocurrencia del 50 % y una media de concentración de 3,6 ug/kg con un intervalo de confianza que va de (1,2 % - 100 %), reflejando cierta incertidumbre en los resultados.

**Tabla 12.** Ocurrencia de fumonisina en alimentos balanceados.

| Alimento Balanceado | Fumonisinina  |               |            |       |            |
|---------------------|---------------|---------------|------------|-------|------------|
|                     | Rango (ug/kg) | Media (ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC (95 %)  |
| Lactancia           | 400,0-1650,0  | 819,5         | 7/7        | 100,0 | 40,2-100,0 |
| Crecimiento         | 360,0-980,0   | 750,0         | 5/5        | 100,0 | 32,4-100,0 |
| Gestación           | 0,0-1470,0    | 629,8         | 7/8        | 88,0  | 35,1-100,0 |
| Destete             | 530,0-940,0   | 735,0         | 2/2        | 100,0 | 12,1-100,0 |
| Desarrollo          | 5020,0-5020,0 | 5020,0        | 1/1        | 100,0 | 2,5-100,0  |
| Inicial             | 2050,0-3150,0 | 2600,0        | 2/2        | 100,0 | 12,1-100,0 |
| Engorde             | 2054,5-3150,0 | 2514,5        | 3/3        | 100,0 | 20,6-100,0 |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas

con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 12 presenta los resultados de la contaminación de fumonisina en diferentes alimentos balanceados, destacando lactancia, crecimiento, destete, desarrollo, inicial y engorde con una ocurrencia del 100 %, y varias concentraciones medias que varían entre 750,0 ug/kg (Crecimiento) y 5020,0 ug/kg (Desarrollo). Los intervalos de confianza para estas fases varían entre 40,2 % - 100 % (Lactancia) y 2,5 % - 100 % (Desarrollo), reflejando una alta incertidumbre en algunas fases, como desarrollo donde la concentración es mucho más alta que en las demás. En gestación la ocurrencia es de 88 %, con una concentración media de 629,8 ug/kg y un intervalo de confianza de (35,1 % - 100 %), indicando estos resultados que la fumonisina es comúnmente presente en los alimentos balanceados, con concentraciones medias que van desde valores bajos a elevados dependiendo de la fase, aunque los intervalos de confianza amplios sugieren una cierta variabilidad en las estimaciones.

**Tabla 13.** Ocurrencia de deoxynivalenol en alimentos balanceados.

| Alimento Balanceado | Deoxynivalenol |               |            |       |            |
|---------------------|----------------|---------------|------------|-------|------------|
|                     | Rango (ug/kg)  | Media (ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC (95 %)  |
| Lactancia           | 0,0-1096,5     | 471,6         | 5/7        | 71,0  | 23,1-100,0 |
| Crecimiento         | 0,0-2508       | 773,6         | 3/5        | 60,0  | 12,3-100,0 |
| Gestación           | 0,0-2240       | 625,1         | 5/8        | 63,0  | 20,2-100,0 |
| Destete             | 0,0-390        | 195,0         | 1/2        | 50,0  | 1,2-100,0  |
| Desarrollo          | 750,0-750,0    | 750,0         | 1/1        | 100,0 | 2,5-100,0  |
| Inicial             | 0,0-380,0      | 190,0         | 1/2        | 50,0  | 1,2-100,0  |
| Engorde             | 0,0-3156,0     | 1458,7        | 2/3        | 67,0  | 8,0-100,0  |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 13 presenta los resultados de la contaminación de deoxynivalenol en diferentes alimentos balanceados, destacando la lactancia con una ocurrencia del 71 % de las muestras, con una concentración media de 471,6 ug/kg y un intervalo de confianza de ( 21,1 % - 100 %), lo que indica una amplia variación en la estimación. En crecimiento, la ocurrencia es de 60 %, con una concentración media de 773,6 ug/kg y un intervalo de confianza de (12,3 % - 100 %), indicando una amplia variación en la estimación. En gestación la ocurrencia fue de 63 % de las muestras, con una concentración media de 625,1 ug/kg y un intervalo de confianza de (20,2 % – 100 %). En



destete presento una ocurrencia del 50 %, con una concentración media de 195,0 ug/kg y un intervalo de confianza de (1,2 % - 100 %). En desarrollo la ocurrencia fue del 100 % de una muestra analizada, con una concentración media 750,0 ug/kg y un intervalo de confianza de (2,5 % - 100 %), lo que limita el impacto real de la micotoxina. En inicial la ocurrencia fue del 50 %, con una concentración media de 190,0 ug/kg y un intervalo de confianza de (1,2 % - 100 %), indicando una amplia variación en la estimación. Finalmente el engorde presento una ocurrencia del 67 %, con una concentración media de 1458,7 ug/kg y un intervalo de confianza de (8,0 % - 100 %), indicando una amplia variación en la estimación.

**Tabla 14.** Ocurrencia de ocratoxina en alimentos balanceados.

| Alimento Balanceado | Ocratoxina    |               |            |      |           |
|---------------------|---------------|---------------|------------|------|-----------|
|                     | Rango (ug/kg) | Media (ug/kg) | Ocurrencia | %    | IC (95 %) |
| Lactancia           | 0,0-2,85      | 0,4           | 1/7        | 14,0 | 0,3-79,5  |
| Crecimiento         | 0,0-5,1       | 1,8           | 2/5        | 40,0 | 4,8-100,0 |
| Gestación           | 0,0-3,3       | 0,4           | 1/8        | 12,0 | 0,3-69,6  |
| Destete             | 0,0-4,3       | 2,15          | 1/2        | 50,0 | 1,2-100,0 |
| Desarrollo          | 0,0-0,0       | 0,0           | 0/1        | 0,0  | 0,0-0,0   |
| Inicial             | 0,0-0,0       | 0,0           | 0/2        | 0,0  | 0,0-0,0   |
| Engorde             | 0,0-1,9       | 0,6           | 1/3        | 33,0 | 0,8-100,0 |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 14 presenta los resultados de la contaminación de ocratoxina en diferentes alimentos balanceados, como el caso de la lactancia con una ocurrencia del 14 %, una concentración media de 0,4 ug/kg y un intervalo de confianza de (0,3 % - 79,5 %), lo que indica una gran incertidumbre de la estimación de la concentración real. En crecimiento la ocurrencia es de 40 %, con una concentración media de 1,8 ug/kg y un intervalo de confianza de (4,8 % - 100 %). En gestación presento una ocurrencia de 12 %, con una media de concentración de 0,4 ug/kg y un intervalo de confianza de (0,3 % - 69,6 %), reflejando una gran variabilidad en las concentraciones reales. En destete se obtuvo una ocurrencia del 50 %, con una concentración media de (1,2 % - 100 %). En desarrollo e inicial, no se detectó contaminación en ninguna de las muestras, lo que resulta una ocurrencia del 0 %. Finalmente en engorde, la ocurrencia es de 33 %, con una concentración media de 0,6 ug/kg y un intervalo de confianza de (0,8 % - 100 %),

indicando una amplia incertidumbre en las estimaciones de concentración debido a los intervalos de confianza amplios, especialmente en categorías con menor número de muestras.

**Tabla 15.** Ocurrencia de toxina T2 en alimentos balanceados.

| Alimento Balanceado | Toxina T 2    |               |            |       |            |
|---------------------|---------------|---------------|------------|-------|------------|
|                     | Rango (ug/kg) | Media (ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC (95 %)  |
| Lactancia           | 0,0-42,8      | 6,1           | 1/7        | 14,0  | 0,3-79,5   |
| Crecimiento         | 0,0-97,3      | 40,3          | 3/5        | 80,0  | 12,3-100,0 |
| Gestación           | 0,0-39,7      | 9,0           | 2/8        | 25,0  | 3,0-90,3   |
| Destete             | 0,0-13,9      | 6,9           | 1/2        | 50,0  | 1,2-100,0  |
| Desarrollo Inicial  | 13,6-13,6     | 13,6          | 1/1        | 100,0 | 2,5-100,0  |
| Engorde             | 0,0-13,2      | 6,6           | 1/2        | 50,0  | 1,2-100,0  |
|                     | 0,0-65,9      | 21,9          | 1/3        | 33,0  | 8,0-100,0  |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 15 presenta los resultados de la contaminación de toxina T2 en diferentes alimentos balanceados, como el caso de lactancia con una ocurrencia del 14 %, una concentración media de 6,1 ug/kg y un intervalo de confianza de (0,3 % - 79,5 %), indicando una alta incertidumbre en las concentración real. En crecimiento la ocurrencia es del 80 %, con una concentración media de 40,3 ug/kg y un intervalo de confianza de (12,3 % - 100 %), lo que sugiere una alta variabilidad en las concentraciones reales. En gestación la ocurrencia es de 25 %, con una concentración media de 9,0 ug/kg y un intervalo de confianza de (3,0 % – 90,3 %). En destete la ocurrencia es de 50 %, con una concentración media de 6,9 ug/kg y un intervalo de confianza de (1,2 % - 100 %). En desarrollo la ocurrencia es de 100 %, con una concentración media de 13,6 ug/kg y un intervalo de confianza de (2,5 % – 100 %). En inicial la ocurrencia es de 50 %, con una concentración media del 6,6 ug/kg y un intervalo de confianza de (1,2 % - 100 %). Por último el engorde presenta una ocurrencia del 33 %, con una concentración media de 21,9 ug/kg y un intervalo de confianza de (8,0 % - 100 %). Por lo cual la toxina T2 está presente en varios alimentos balanceados, con concentraciones medias variables y una alta incertidumbre en las estimaciones de concentración, reflejada en los amplios intervalos de confianza, especialmente en las fases con menor número de muestras.

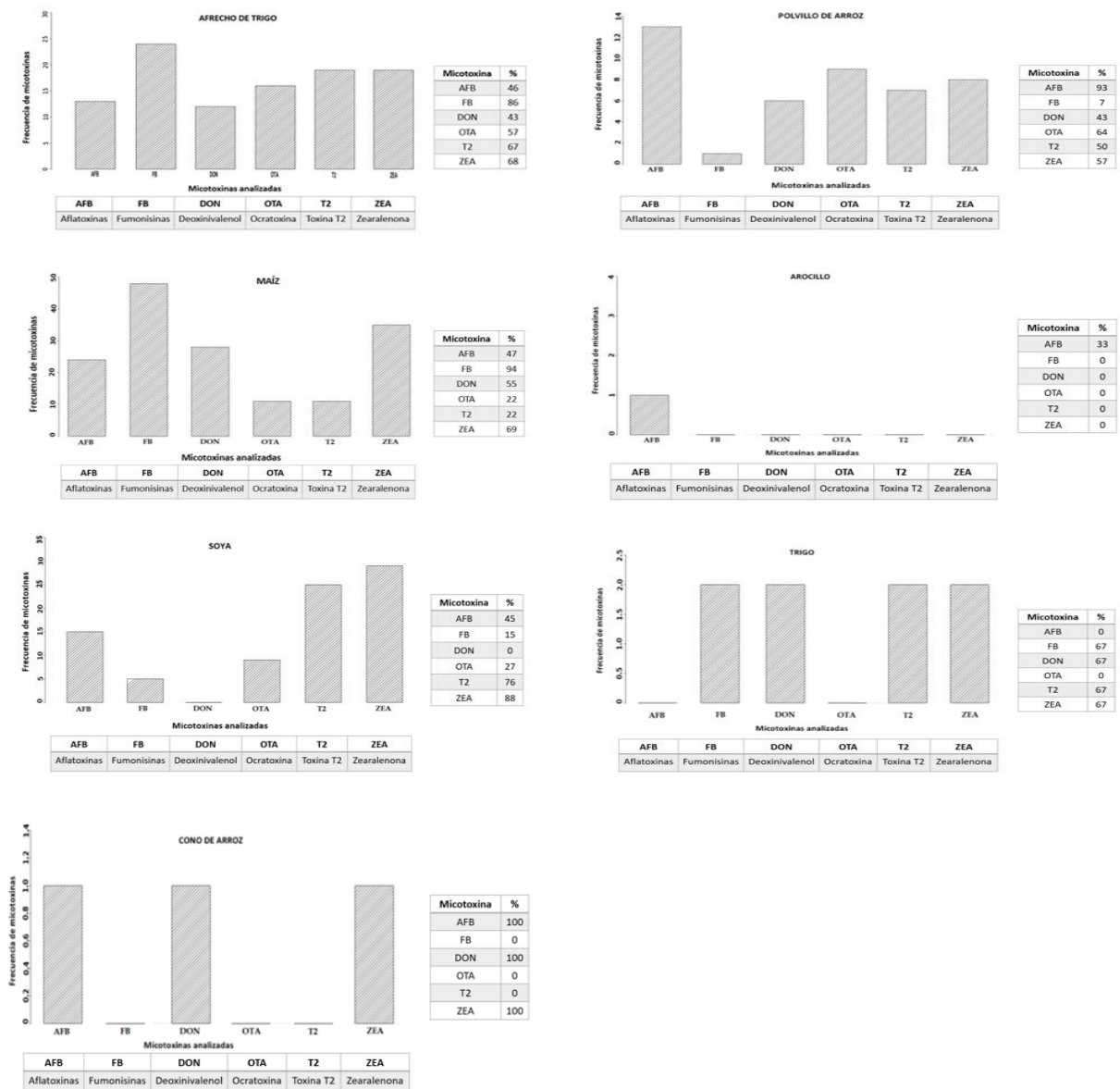
**Tabla 16.** Ocurrencia de zearalenona en alimentos balanceados.

| Alimento Balanceado | Zearalenona   |               |            |       |            |
|---------------------|---------------|---------------|------------|-------|------------|
|                     | Rango (ug/kg) | Media (ug/kg) | Ocurrencia | %     | IC (95 %)  |
| Lactancia           | 0,0-776,1     | 202,2         | 6/7        | 86,0  | 31,4-100,0 |
| Crecimiento         | 0,0-2348,2    | 503,6         | 3/5        | 60,0  | 12,3-100,0 |
| Gestación           | 0,0-928,9     | 186,7         | 5/8        | 62,0  | 20,2-100,0 |
| Destete             | 0,0-20,76     | 10,38         | 1/2        | 50,0  | 1,2-100,0  |
| Desarrollo          | 828,7-828,7   | 828,7         | 1/1        | 100,0 | 2,5-100,0  |
| Inicial             | 0,0-0,0       | 0,0           | 0/2        | 0,0   | 0,0-0,0    |
| Engorde             | 0,0-1331,7    | 506,1         | 2/3        | 67,0  | 8,0-100,0  |

Ocurrencia = ocurrencia, muestras positivas/muestras totales; % = porcentaje de muestras positivas con concentración por encima de los niveles máximos establecidos, con un intervalo de confianza (IC) que refleja la precisión de la estimación del porcentaje de muestras positivas.

La tabla 16 presenta los resultados de la contaminación de zearalenona en diferentes alimentos balanceados, mostrando la lactancia con una ocurrencia del 86 %, una concentración media de 202,2 ug/kg y un intervalo de confianza de (31,4 % - 100 %), lo que refleja una alta certeza sobre su presencia. En crecimiento, la ocurrencia es de 60 %, con una concentración media de 503,6 ug/kg y un intervalo de confianza de (12,3 % - 100 %). En gestación muestra una ocurrencia del 62 %, con una concentración media de 186,7 ug/kg y un intervalo de confianza de (20,2 % - 100 %), indicando cierta variabilidad en la concentración real. El destete muestra una ocurrencia del 50%, con una concentración media 10,38 ug/kg y un intervalo de confianza de (1,2 % - 100 %). En desarrollo muestra una ocurrencia del 100 %, con una media de concentración de 828,7 ug/kg y un intervalo de confianza de (2,5 % - 100 %), indicando gran incertidumbre en la estimación de la concentración. El inicial, no se detectó en ninguna de las muestras presencia de la micotoxina resultando una ocurrencia del 0 %. Finalmente, el engorde presenta una ocurrencia del 67 %, con una media de concentración de 506,1 ug/kg y un intervalo de confianza de (8,0 % - 100 %). Presentándose la zearalenona de forma variable en los diferentes alimentos balanceados, con una alta concentración media en algunas categorías y una presencia significativa, especialmente en lactancia, crecimiento y engorde, aunque los intervalos de confianza amplios reflejan incertidumbre en las estimaciones de concentración de varias muestras.

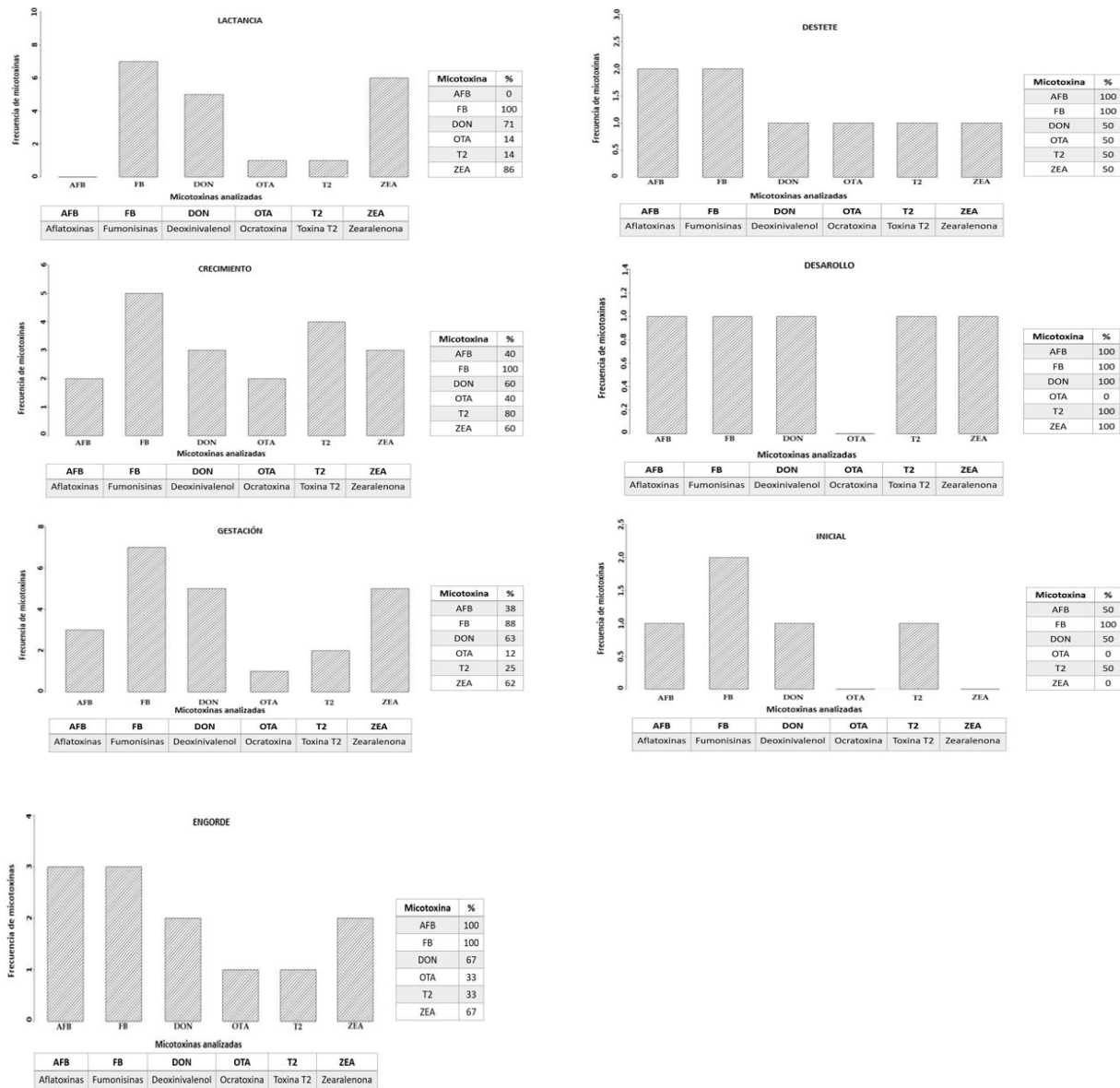
**Figura 2.** Frecuencia de micotoxinas en materias primas.



La figura 2 presenta los resultados de la ocurrencia de micotoxinas en diferentes materias primas revelando que el maíz es el más contaminado, con alta frecuencia de fumonisinas, deoxinivalenol y zearalenona, seguido por la soya, donde zearalenona, toxina T2 y aflatoxinas son predominantes, destacando su susceptibilidad a hongos contaminantes. El polvillo de arroz presenta una alta frecuencia de aflatoxinas, ocratoxina y zearalenona siendo las micotoxinas más comunes, asociados a condiciones de almacenamiento inadecuadas, por otro lado tenemos al cono de arroz con una frecuencia significativa de aflatoxinas, deoxinivalenol y zearalenona al igual que

el trigo muestra una alta incidencia de fumonisina, deoxinivalenol zearalenona y toxina T2, seguido por afrecho de trigo con una frecuencia significativa de fumonisinas, toxina T2 y zearalenona, mientras que el arrozillo presenta una única micotoxina significativa de fumonisina. Estos resultados evidencian que cada materia prima tiene un perfil de riesgo específico, lo que subraya la necesidad de estrategias diferenciadas de control de calidad en la industria de alimentos balanceados.

**Figura 3.** Frecuencia de micotoxinas en alimentos balanceados.



La figura 3 presenta los resultados de la ocurrencia de micotoxinas en diferentes alimentos balanceados destacando la lactancia con una frecuencia significativa de fumonisinas y zearalenona, mientras que en crecimiento, fumonisina es la más frecuente, seguida por toxina T2. En la etapa de destete destaca aflatoxinas y fumonisinas con una incidencia alta, mientras que en la etapa de desarrollo, todas las micotoxinas presentan una frecuencia uniforme a excepción de ocratoxina con ausencia de contaminación de la micotoxina. En el alimento para engorde, aflatoxina y fumonisina es dominante, seguida de deoxinivalenol y zearalenona en niveles moderados. Para la gestación, fumonisina es las más comunes, mientras que deoxinivalenol y zearalenona tienen una presencia moderada. Finalmente en el alimento inicial, fumonisina es nuevamente la más prevalente, con deoxinivalenol, aflatoxina y toxina T2 en niveles intermedios. Estos resultados indican que fumonisina es la micotoxina más consistentemente frecuente en los alimentos balanceados analizados, mientras que ocratoxina muestra una baja incidencia en todas las etapas.

**Tabla 17.** Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Aflatoxina en materias primas y alimentos balanceados.

| Variable            | Aflatoxina      |                    |         |
|---------------------|-----------------|--------------------|---------|
|                     | Media Detección | Media No Detección | p-Valor |
| Humedad Relativa, % | 89,06           | 88,28              | 0,46    |
| Temperatura, ° C    | 23,90           | 23,89              | 0,96    |

La tabla 17, indica que tanto la humedad relativa (89,06 % en detección frente a 88,28 % en no detección) como la temperatura (23,90 °C en detección frente a 23,89 °C en no detección) no presentan diferencias estadísticamente significativas en relación con la detección o no detección de aflatoxina, ya que los p-valores obtenidos para ambas variables (0,46 para la humedad y 0,96 para la temperatura) son mayores a 0,05. Esto sugiere que ni la humedad relativa ni la temperatura influyen de manera significativa en la presencia de esta micotoxina en las muestras analizadas.

**Tabla 18.** Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Fumonisina en materias primas y alimentos balanceados.

| Variable            | Fumonisina      |                    | p-Valor |
|---------------------|-----------------|--------------------|---------|
|                     | Media Detección | Media No Detección |         |
| Humedad Relativa, % | 88,70           | 88,59              | 0,92    |
| Temperatura, ° C    | 23,90           | 23,87              | 0,90    |

La tabla 18, indica que tanto la humedad relativa (88,70 % en detección frente a 88,59 % en no detección) como la temperatura (23,90 °C en detección frente a 23,87 °C en no detección) no presentan diferencias estadísticamente significativas en relación con la detección o no detección de fumonisina, ya que los p-valores obtenidos para ambas variables (0,92 para la humedad y 0,90 para la temperatura) son mayores a 0,05. Esto sugiere que ni la humedad relativa ni la temperatura tienen un impacto significativo en la presencia de fumonisinas en las muestras analizadas.

**Tabla 19.** Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Deoxynivalenol en materias primas y alimentos balanceados.

| Variable            | Deoxynivalenol  |                    | p-Valor |
|---------------------|-----------------|--------------------|---------|
|                     | Media Detección | Media No Detección |         |
| Humedad Relativa, % | 88,13           | 89,04              | 0,41    |
| Temperatura, ° C    | 24,08           | 23,76              | 0,14    |

La tabla 19, indica que tanto la humedad relativa (88,13 % en detección frente a 89,04 % en no detección) como la temperatura (24,08 °C en detección frente a 23,76 °C en no detección) no presentan diferencias estadísticamente significativas en relación con la detección o no detección de deoxynivalenol, ya que los p-valores obtenidos para ambas variables (0,41 para la humedad y 0,14 para la temperatura) son mayores a 0,05. Esto indica que ni la humedad relativa ni la temperatura influyen de manera significativa en la presencia de deoxynivalenol en las muestras analizadas.

**Tabla 20.** Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Ocratoxina en materias primas y alimentos balanceados.

| Variable            | Ocratoxina      |                    | p-Valor |
|---------------------|-----------------|--------------------|---------|
|                     | Media Detección | Media No Detección |         |
| Humedad Relativa, % | 87,94           | 89,00              | 0,35    |
| Temperatura, ° C    | 23,82           | 23,93              | 0,66    |

La tabla 20, indica que tanto la humedad relativa (87,94 % en detección frente a 89,00 % en no detección) como la temperatura (23,82 °C en detección frente a 23,93 °C en no detección) no presentan diferencias estadísticamente significativas en relación con la detección o no detección de ocratoxina, ya que los p-valores obtenidos para ambas variables (0,35 para la humedad y 0,66 para la temperatura) son mayores a 0,05. Esto sugiere que ni la humedad relativa ni la temperatura tienen un impacto significativo en la presencia de ocratoxina en las muestras analizadas.

**Tabla 21.** Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Toxina T2 en materias primas y alimentos balanceados.

| Variable            | Toxina T2       |                    | p-Valor |
|---------------------|-----------------|--------------------|---------|
|                     | Media Detección | Media No Detección |         |
| Humedad Relativa, % | 89,41           | 88,01              | 0,18    |
| Temperatura, ° C    | 23,86           | 23,93              | 0,75    |

La tabla 21, indica que tanto la humedad relativa (89,41 % en detección frente a 88,01 % en no detección) como la temperatura (23,86 °C en detección frente a 23,93 °C en no detección) no presentan diferencias estadísticamente significativas en relación con la detección o no detección de Toxina T2, ya que los p-valores obtenidos para ambas variables (0,18 para la humedad y 0,75 para la temperatura) son mayores a 0,05. Esto sugiere que ni la humedad relativa ni la temperatura influyen de manera significativa en la presencia de toxina T2 en las muestras analizadas.

**Tabla 22.** Relación entre Humedad, Temperatura y la Detección de Zearalenona en materias primas y alimentos balanceados.

| Variable            | Zearalenona     |                    | pValor |
|---------------------|-----------------|--------------------|--------|
|                     | Media Detección | Media No Detección |        |
| Humedad Relativa, % | 88,25           | 89,61              | 0,23   |
| Temperatura, ° C    | 23,85           | 24,00              | 0,53   |



La tabla 22, indica que tanto la humedad relativa (88,25 % en detección frente a 89,61 % en no detección) como la temperatura (23,85 °C en detección frente a 24,00 °C en no detección) no presentan diferencias estadísticamente significativas en relación con la detección o no detección de zearalenona, ya que los p-valores obtenidos para ambas variables (0,23 para la humedad y 0,53 para la temperatura) son mayores a 0,05. Esto indica que ni la humedad relativa ni la temperatura tienen un impacto significativo en la presencia de zearalenona en las muestras analizadas.

**Tabla 23.** Factores asociados para la Presencia de Aflatoxina en materias primas y alimentos balanceados.

| Aflatoxina                  |                         |                    |              |         |  |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|---------|--|
| Mes                         | Detección Micotoxina, n | Número Muestras, n | Positivos, % | P-Valor |  |
| Enero                       | 6                       | 21                 | 28,6         | 0,2646  |  |
| Febrero                     | 7                       | 15                 | 46,7         |         |  |
| Marzo                       | 6                       | 11                 | 54,5         |         |  |
| Abril                       | 16                      | 24                 | 66,7         |         |  |
| Mayo                        | 2                       | 8                  | 25,0         |         |  |
| Junio                       | 7                       | 11                 | 63,6         |         |  |
| Julio                       | 7                       | 18                 | 38,9         |         |  |
| Agosto                      | 8                       | 17                 | 47,1         |         |  |
| Septiembre                  | 6                       | 12                 | 50,0         |         |  |
| Octubre                     | 9                       | 17                 | 52,9         |         |  |
| Noviembre                   | 2                       | 4                  | 50,0         |         |  |
| Diciembre                   | 3                       | 3                  | 100,0        |         |  |
| <b>Estación del año</b>     |                         |                    |              |         |  |
| Invierno                    | 35                      | 71                 | 49,3         | 0,9591  |  |
| Verano                      | 44                      | 90                 | 48,9         |         |  |
| <b>Origen de la muestra</b> |                         |                    |              |         |  |
| Balsas                      | 40                      | 87                 | 46,0         | 0,8000  |  |
| Marcabelí                   | 25                      | 46                 | 54,3         |         |  |
| Piñas                       | 9                       | 17                 | 52,9         |         |  |
| Zaruma                      | 5                       | 11                 | 45,5         |         |  |

La tabla 23 presenta los resultados de la detección de aflatoxinas en muestras recolectadas durante diferentes meses, estaciones del año y orígenes geográficos. Se observa que los porcentajes de muestras positivas varían a lo largo del año, con diciembre destacándose con un 100 % de positividad, aunque esto se debe a que solo se analizaron 3 muestras. Los meses con los porcentajes más bajos de muestras positivas fueron mayo (25 %) y enero (28,6 %). En cuanto a las estaciones del año, no se observan diferencias significativas entre invierno (49,3 %) y verano (48,9 %) en cuanto a los porcentajes de muestras positivas. Por otro lado, los porcentajes de positividad también varían según el origen geográfico de las muestras, con Marcabeli mostrando el mayor porcentaje (54,3 %) y balsas el más bajo (46 %). Sin embargo, el p-Valor en todos los casos (0,2646 para los meses, 0,9591 para las estaciones y 0,8000 para los orígenes geográficos) son mayores

que el umbral de significancia de 0,05, lo que indica que no hay una relación estadísticamente significativa entre el mes de recolección, la estación del año ni el origen de las muestras y la presencia de aflatoxinas, sugiriendo que estos factores no tienen una influencia clara en la detección de estas micotoxinas en las muestras analizadas.

**Tabla 24.** Factores asociados para la Presencia de Fumonisina en materias primas y alimentos balanceados.

| Fumonisina           |                         |                    |              |         |
|----------------------|-------------------------|--------------------|--------------|---------|
| Mes                  | Detección Micotoxina, n | Número Muestras, n | Positivos, % | P-Valor |
| Enero                | 15                      | 21                 | 71,4         | 0,6308  |
| Febrero              | 9                       | 15                 | 60,0         |         |
| Marzo                | 8                       | 11                 | 72,7         |         |
| Abril                | 15                      | 24                 | 62,5         |         |
| Mayo                 | 6                       | 8                  | 75,0         |         |
| Junio                | 6                       | 11                 | 54,5         |         |
| Julio                | 13                      | 18                 | 72,2         |         |
| Agosto               | 8                       | 17                 | 47,1         |         |
| Septiembre           | 8                       | 12                 | 66,7         |         |
| Octubre              | 14                      | 17                 | 82,4         |         |
| Noviembre            | 2                       | 4                  | 50,0         |         |
| Diciembre            | 3                       | 3                  | 100,0        |         |
| Estación del año     |                         |                    |              |         |
| Invierno             | 47                      | 71                 | 66,2         | 0,9500  |
| Verano               | 60                      | 90                 | 66,7         |         |
| Origen de la muestra |                         |                    |              |         |
| Balsas               | 56                      | 87                 | 64,4         | 0,8994  |
| Marcabelí            | 32                      | 46                 | 69,6         |         |
| Piñas                | 11                      | 17                 | 64,7         |         |
| Zaruma               | 8                       | 11                 | 72,7         |         |

La tabla 24 presenta los resultados de la detección de fumonisinas en muestras recolectadas en diferentes meses, estaciones del año y orígenes geográficos. Los porcentajes de casos positivos muestran variabilidad a lo largo del año, destacando diciembre con un 100 % de positividad, aunque este resultado se debe a la cantidad de muestras analizadas, seguido de los meses de octubre con el (82,4 %) y enero (71,4 %) por otro lado los meses con los porcentajes más bajos de positividad incluyen noviembre (50 %) y junio (54,5 %). En cuanto a las estaciones del año, los porcentajes de positividad son prácticamente iguales entre invierno (66,2 %) y verano (66,7 %), lo que sugiere que la estación no influye significativamente en la detección de fumonisina. Además, se observan diferencias leves en los porcentajes de positividad según el origen de las muestras, siendo Zaruma el origen con el mayor porcentaje (72,7 %) y balsas el de menor porcentaje (64,4 %). Sin embargo, los p-valores para los factores evaluados (0,6308 para los meses, 0,9500 para las estaciones y

0,8994 para los orígenes) son mayores a 0,05, lo que indica que no hay una relación estadísticamente significativa entre el mes, la estación del año ni el origen geográfico de las muestras con la presencia de fumonisina en las muestras analizadas.

**Tabla 25.** Factores asociados para la Presencia de Deoxynivalenol en materias primas y alimentos balanceados.

| Deoxynivalenol       |                         |                    |              |         |
|----------------------|-------------------------|--------------------|--------------|---------|
| Mes                  | Detección Micotoxina, n | Número Muestras, n | Positivos, % | P-Valor |
| Enero                | 7                       | 21                 | 33,3         | 0,5894  |
| Febrero              | 9                       | 15                 | 60,0         |         |
| Marzo                | 6                       | 11                 | 54,5         |         |
| Abril                | 12                      | 24                 | 50,0         |         |
| Mayo                 | 1                       | 8                  | 12,5         |         |
| Junio                | 4                       | 11                 | 36,4         |         |
| Julio                | 6                       | 18                 | 33,3         |         |
| Agosto               | 8                       | 17                 | 47,1         |         |
| Septiembre           | 6                       | 12                 | 50,0         |         |
| Octubre              | 5                       | 17                 | 29,4         |         |
| Noviembre            | 2                       | 4                  | 50,0         |         |
| Diciembre            | 1                       | 3                  | 33,3         |         |
| Estación del año     |                         |                    |              |         |
| Invierno             | 34                      | 71                 | 47,9         | 0,1515  |
| Verano               | 33                      | 90                 | 36,7         |         |
| Origen de la muestra |                         |                    |              |         |
| Balsas               | 44                      | 87                 | 50,6         | 0,0414  |
| Marcabelí            | 17                      | 46                 | 37,0         |         |
| Piñas                | 3                       | 17                 | 17,6         |         |
| Zaruma               | 3                       | 11                 | 27,3         |         |

La tabla 25 muestra los resultados de la detección de deoxynivalenol en muestras recolectadas durante diferentes meses, estaciones del año y orígenes geográficos. Observándose que los porcentajes de positividad varían a lo largo del año, destacando febrero con un 60 % de muestras positivas, mientras que mayo presenta el porcentaje más bajo con (12,5 %). Los meses de enero (33,3 %), marzo (54,5 %) y abril (50 %) tienen porcentajes intermedios de positividad. En cuanto a las estaciones del año, invierno tiene un porcentaje de positividad de (47,9 %), mientras que verano presenta un porcentaje menor, con un (36,7 %). En cuanto al origen geográfico de las muestras, Balsas tiene el porcentaje más alto de positividad (50,6 %), mientras que piñas (17,6 %) y Zaruma (27,3 %) muestran los porcentajes más bajos. El p-valor para los meses es 0,5894 lo que indica que no hay una relación estadísticamente significativa entre los meses y la presencia de deoxynivalenol. Sin embargo, el p-valor para el origen geográfico de las muestras es 0,0414 lo que sugiere que existe una relación estadísticamente significativa entre el origen de la muestra y la detección de deoxynivalenol, indicando que el origen de la muestra influye en la

presencia de esta micotoxina. El p-valor de la estación del año es de 0,1515 lo que indica que no hay una relación estadísticamente significativa entre la estación y la detección de deoxynivalenol.

**Tabla 26.** Factores asociados para la Presencia de Ocratoxina en materias primas y alimentos balanceados.

| Ocratoxina           |                         |                    |              |         |
|----------------------|-------------------------|--------------------|--------------|---------|
| Mes                  | Detección Micotoxina, n | Número Muestras, n | Positivos, % | P-Valor |
| Enero                | 5                       | 21                 | 23,28        | 0,0404  |
| Febrero              | 3                       | 15                 | 20,0         |         |
| Marzo                | 4                       | 11                 | 36,4         |         |
| Abril                | 7                       | 24                 | 29,2         |         |
| Mayo                 | 3                       | 8                  | 37,5         |         |
| Junio                | 5                       | 11                 | 45,5         |         |
| Julio                | 6                       | 18                 | 33,3         |         |
| Agosto               | 6                       | 17                 | 35,3         |         |
| Septiembre           | 0                       | 12                 | 0,0          |         |
| Octubre              | 8                       | 17                 | 47,1         |         |
| Noviembre            | 4                       | 4                  | 100,0        |         |
| Diciembre            | 0                       | 3                  | 0,0          |         |
| Estación del año     |                         |                    |              |         |
| Invierno             | 19                      | 71                 | 26,8         | 0,2336  |
| Verano               | 32                      | 90                 | 35,6         |         |
| Origen de la muestra |                         |                    |              |         |
| Balsas               | 28                      | 87                 | 32,2         | 0,9248  |
| Marcabelí            | 13                      | 46                 | 28,3         |         |
| Piñas                | 6                       | 17                 | 35,3         |         |
| Zaruma               | 4                       | 11                 | 36,4         |         |

La tabla 26 muestra los resultados de la detección de ocratoxina en muestras recolectadas durante diferentes meses, estaciones del año y orígenes geográficos. Observándose que los porcentajes de casos positivos varían considerablemente entre los meses, destacando noviembre con un 100 % de positividad, aunque esto se debe a la cantidad de muestras (solo 4). Los meses con los porcentajes más bajo de positividad fueron febrero con un 20 % y septiembre 0 %, mientras que octubre 47,1% y junio 45,5 % muestran los porcentajes más altos referente a su número de muestras representativas. En cuanto a las estaciones del año, invierno tiene un porcentaje de positividad de 26,8 %, mientras que verano presenta un porcentaje más alto con 35,6 %. En cuanto al origen geográfico de las muestras, Zaruma tiene el porcentaje más alto de positividad con 36,4 %, mientras que los otros orígenes como Piñas 35,3 %, Balsas 32,2 % y Marcabeli con el porcentaje más bajo 28,3 %. El p-valor para los meses es 0,0404 lo que sugiere que existe una

relación estadísticamente significativa entre el mes y la presencia de ocratoxina, lo que indica que el mes de recolección puede influir en la detección de esta micotoxina. Sin embargo, el p-valor para las estaciones del año es 0,2336 lo que indica que no hay relación estadísticamente significativa entre la estación y la presencia de ocratoxina. Finalmente el p-valor para el origen geográfico de las muestras es 0,9248 lo que indica que el origen no tiene una influencia estadísticamente significativa sobre la presencia de ocratoxina.

**Tabla 27.** Factores asociados para la Presencia de Toxina T2 en materias primas y alimentos balanceados.

| Toxina T2            |                         |                    |              |         |
|----------------------|-------------------------|--------------------|--------------|---------|
| Mes                  | Detección Micotoxina, n | Número Muestras, n | Positivos, % | P-Valor |
| Enero                | 14                      | 21                 | 66,7         | 0,0023  |
| Febrero              | 7                       | 15                 | 46,7         |         |
| Marzo                | 2                       | 11                 | 18,2         |         |
| Abril                | 12                      | 24                 | 50,0         |         |
| Mayo                 | 6                       | 8                  | 75,0         |         |
| Junio                | 7                       | 11                 | 63,6         |         |
| Julio                | 6                       | 18                 | 33,3         |         |
| Agosto               | 10                      | 17                 | 58,8         |         |
| Septiembre           | 1                       | 12                 | 8,3          |         |
| Octubre              | 4                       | 17                 | 23,5         |         |
| Noviembre            | 4                       | 4                  | 100,0        |         |
| Diciembre            | 2                       | 3                  | 66,7         |         |
| Estación del año     |                         |                    |              |         |
| Invierno             | 35                      | 71                 | 49,3         | 0,5401  |
| Verano               | 40                      | 90                 | 44,4         |         |
| Origen de la muestra |                         |                    |              |         |
| Balsas               | 40                      | 87                 | 46,0         | 0,2273  |
| Marcabelí            | 18                      | 46                 | 39,1         |         |
| Piñas                | 9                       | 17                 | 52,9         |         |
| Zaruma               | 8                       | 11                 | 72,7         |         |

La tabla 27 presenta los resultados de la detección de toxina T2 en muestras recolectadas durante diferentes meses, estaciones del año y orígenes geográficos. Los porcentajes de casos positivos muestran una variabilidad significativa a lo largo del año. El mes con el porcentaje más alto de positividad es noviembre 100 %, aunque esto se debe a la cantidad de muestras. Otros meses con porcentajes elevados incluyen mayo 75 % y enero 66,7 %, mientras que septiembre tiene el porcentaje más bajo 8,3 %. En cuanto a las estaciones del año, los porcentajes de positividad son similares entre invierno 49,3 % y verano 44,4 %, lo que indica que la estación no

tiene un efecto marcado sobre la presencia de toxina T2. En cuanto al origen geográfico de las muestras, Zaruma tiene el porcentaje más alto de positividad 72,7 %, mientras que Marcabeli presenta el porcentaje más bajo 39,1 %. El p-valor para los meses es 0,0023 lo que indica que existe una relación estadísticamente significativa entre el mes de recolección y la presencia de toxina T2, sugiriendo que el mes influye significativamente en la detección de esta micotoxina. Sin embargo, los p-valores para las estaciones del año 0,5401 y el origen geográfico de las muestras 0,2273 son mayores que 0,05, lo que indica que no hay relación estadísticamente significativa entre estos factores y la presencia de toxina T2.

**Tabla 28.** Factores asociados para la Presencia de Zearalenona en materias primas y alimentos balanceados.

| Zearalenona          |                         |                    |              |         |
|----------------------|-------------------------|--------------------|--------------|---------|
| Mes                  | Detección Micotoxina, n | Número Muestras, n | Positivos, % | P-Valor |
| Enero                | 17                      | 21                 | 81,0         | 0,3288  |
| Febrero              | 8                       | 15                 | 53,3         |         |
| Marzo                | 6                       | 11                 | 54,5         |         |
| Abril                | 15                      | 24                 | 62,5         |         |
| Mayo                 | 8                       | 8                  | 100,0        |         |
| Junio                | 8                       | 11                 | 72,7         |         |
| Julio                | 13                      | 18                 | 72,2         |         |
| Agosto               | 12                      | 17                 | 70,6         |         |
| Septiembre           | 9                       | 12                 | 75,0         |         |
| Octubre              | 11                      | 17                 | 64,7         |         |
| Noviembre            | 4                       | 4                  | 100,0        |         |
| Diciembre            | 1                       | 3                  | 33,3         |         |
| Estación del año     |                         |                    |              |         |
| Invierno             | 46                      | 71                 | 64,8         | 0,2420  |
| Verano               | 66                      | 90                 | 73,3         |         |
| Origen de la muestra |                         |                    |              |         |
| Balsas               | 59                      | 87                 | 67,8         | 0,3180  |
| Marcabelí            | 33                      | 46                 | 71,7         |         |
| Piñas                | 10                      | 17                 | 58,8         |         |
| Zaruma               | 10                      | 11                 | 90,9         |         |

La tabla 28 presenta los resultados de la detección de zearalenona en muestras recolectadas a lo largo del año, agrupadas por mes, estación del año y origen geográfico. Los porcentajes de positividad varían según el mes, con mayo y noviembre destacándose con un 100 % de casos positivos, aunque estos meses tienen una cantidad limitada de muestras, respectivamente. En otros meses, como enero 81 %, junio 72,7 %, julio 72,2 % y septiembre 75 %, los porcentajes de positividad son relativamente altos, mientras que diciembre muestra el porcentaje más bajo 33,3

% . En cuanto a las estaciones del año, varan tiene un porcentaje de positividad ligeramente mayor 73,3 % en comparación con invierno 64,8 %, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa, ya que el p-valor para las estaciones es 0,2420. En cuanto al origen geográfico de las muestras, Zaruma tiene el porcentaje más alto de positividad 90,9 %, mientras que Piñas presenta el porcentaje más bajo 58,8 %. El p-valor para el origen geográfico es 0,3180 lo que indica que no hay relación estadísticamente significativa entre el origen de las muestras y la presencia de zearalenona. Finalmente, el p-valor para los meses es 0,3288 lo que sugiere que no existe una relación estadísticamente significativa entre el mes de recolección y la detección de zearalenona.

## **7. Discusión**

### **7.1. Tipo de micotoxinas.**

Los resultados obtenidos en relación con las micotoxinas presentes en materias primas y alimentos balanceados utilizados en dietas para cerdos incluyeron Fumonisinias, Aflatoxinas, Ocratoxina, Deoxynivalenol, Toxina T2 y Zearalenona. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Muñoz-Solano y González-Peñas (2023) y por P. Guerre (2016). No obstante, se observa diversidad en las micotoxinas identificadas en el estudio de Arroyo-Manzanares et al. (2019), en el cual se encontraron diecinueve micotoxinas, entre las que incluyen Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2, Ocratoxina A, Fumonisinias B1 y B2, Citrinina, Zearalenona, Deoxinivalenol, Fusarenon X, Esterigmatocistina, Toxina T-2, Toxina HT-2, Enniatinas A, A1, B y B2, y Beauvericina, siendo algunas de ellas micotoxinas emergentes reportadas por la UE.

### **7.2. Frecuencia de micotoxinas.**

#### ***7.2.1. Frecuencia de Aflatoxina en materia prima y alimento balanceado.***

Los resultados indican que el polvillo presenta una ocurrencia del 93 % de aflatoxinas, mientras que el cono de arroz alcanza una prevalencia del 100 %. Estos resultados reflejan la alta susceptibilidad de ambas materias primas a la contaminación, como señalan Koirala et al. (2005), quienes reportan prevalencias superiores al 90 % en subproductos de materias primas en regiones tropicales. La mayor ocurrencia en cono de arroz podría estar asociada con prácticas de manejo postcosecha deficientes, lo que también ha sido destacada por Pereyra et al. (2011). Además, el polvillo debido a su textura fina, facilita el crecimiento de hongos, como indica Hoffmans et al. (2022).

Por otro lado, los datos de alimentos balanceados contaminados por aflatoxinas muestran una ocurrencia del 100 % como las fases de destete, desarrollo y engorde. Este nivel de contaminación evidencia la transferencia directa de las materias primas contaminadas a los productos finales, exacerbando los riesgos en la cadena alimentaria. Este fenómeno como destacan Pereyra et al. (2011), es especialmente crítico en sistemas de producción intensiva, donde los alimentos balanceados constituyen la base de la dieta animal.



### **7.2.2. Frecuencia de Fumonisina en materia prima y alimento balanceado.**

Los resultados indican una alta ocurrencia de fumonisinas en maíz 94 % y afrecho de trigo 86 %. Estos hallazgos son similares con los reportes de Amaya y Sabino (2002) & Bennett y Klich (2003), quienes encontraron prevalencias del 92 % y 89 % en maíz en regiones tropicales y subtropicales, respectivamente. En el caso del afrecho de trigo, la ocurrencia es similar al 83 % reportado por Chehri et al. (2010), destacando el papel de las prácticas de almacenamiento en la alta prevalencia de esta micotoxina.

Además la ocurrencia del 100 % de fumonisinas en alimentos balanceados destinados a diferentes etapas productivas, como lactancia, crecimiento, destete, desarrollo, inicial y engorde. Este nivel de contaminación refleja el impacto directo de las materias primas contaminadas en la formulación de alimentos balanceados, tal como lo ha señalado previamente Amaya y Sabino (2002). La combinación de alta prevalencia en materias primas y productos finales subraya la importancia de implementar controles estrictos en toda la cadena de suministro, desde la selección y almacenamiento de ingredientes hasta la vigilancia de los productos terminados, para mitigar los riesgos asociados a fumonisinas, como lo sugieren Bennett y Klich (2003).

### **7.2.3. Frecuencia de Deoxynivalenol en materia prima y alimento balanceado.**

La ocurrencia de deoxynivalenol en maíz 55 % y trigo 67 % resalta la susceptibilidad de estos granos a la contaminación por *Fusarium* spp. productor de DON. Estos valores son consistentes con los reportados por Pestka y Smolinski (2011), quienes identificaron una ocurrencia promedio del 60 % en trigo y maíz en regiones templadas, especialmente bajo condiciones de alta humedad.

En los alimentos balanceados, se observó una mayor ocurrencia de DON en la fase de lactancia 71 % en comparación con la fase de gestación 63 %. Estos resultados son similares a los hallazgos de Eskola et al. (2019), quienes señalaron que la presencia de DON en alimentos para animales puede variar dependiendo de la formulación y las proporciones de granos contaminados. Además, este patrón puede deberse a la mayor inclusión de materias primas como trigo y maíz en dietas de lactancia, lo que incrementa el riesgo de exposición. Estos resultados subrayan la importancia de implementar estrategias preventivas en la producción y el procesamiento de

alimentos balanceados, como lo destacan Binder et al. (2007), quienes recomendaron controles en la calidad de las materias primas y el uso de aditivos secuestrantes para reducir los riesgos asociados con la exposición a DON.

#### **7.2.4. Frecuencia de Ocratoxina en materia prima y alimento balanceado.**

La ocurrencia de ocratoxina en el polvillo 64 % y el afrecho de trigo 57 % confirma la susceptibilidad de estas materias primas a la contaminación por *Aspergillus ochraceus* y *Penicillium verrucosum*, principales productores de esta micotoxina. Estos valores son comparables a los reportados por Milićević et al. (2010), quienes encontraron prevalencias similares en subproductos de trigo en condiciones de almacenamiento sobóptimas.

En alimentos balanceados, la ocurrencia de ocratoxina en la fase de crecimiento 40 % y destete 50 % refleja diferencias en la inclusión de materias primas susceptibles en las formulaciones. Esto coincide con los hallazgos de Streit et al. (2013), quienes indicaron que los alimentos balanceados presentan una mayor prevalencia de micotoxinas cuando contienen altos porcentajes de cereales y subproductos contaminados.

La elevada prevalencia en el polvillo y el afrecho de trigo, así como en los alimentos balanceados, subraya la importancia de adoptar medidas preventivas, como mejorar las condiciones de almacenamiento y el uso de aditivos secuestrantes de micotoxinas como lo sugiere Binder et al. (2007).

#### **7.2.5. Frecuencia de Toxina T2 en materia prima y alimento balanceado.**

La ocurrencia de toxina T2 en la soya 76 % destaca la susceptibilidad de esta materia prima a la contaminación por *Fusarium* spp., principales productores de tricotecenos tipo A. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Ekwomadu et al. (2021), quienes identificaron prevalencias superiores al 70 % en cereales y subproductos utilizados en alimentación animal, subrayando el impacto de factores ambientales y prácticas de manejo en la contaminación por micotoxinas.

En alimentos balanceados, la fase de crecimiento presento una ocurrencia del 80 %, mientras que en la fase de desarrollo la prevalencia alcanzó el 100 %. Estos resultados coinciden

con lo señalado por Twarużek et al. (2021), quienes documentaron prevalencias significativas de tricotecenos tipo A en alimentos balanceados debido a la inclusión de materias primas como maíz y soya, altamente susceptibles a la contaminación. Además Marroquín-Cardona et al. (2014) destacaron que la exposición a toxina T2 puede ser particularmente problemática en dietas para animales jóvenes, dado que las micotoxinas tienen un impacto más severo en organismos en crecimiento.

#### ***7.2.6. Frecuencia de Zearalenona en materia prima y alimento balanceado.***

La alta ocurrencia de zearalenona en la soya 88 % y en el cono de arroz 100 % resalta la susceptibilidad de estas materias primas a la contaminación por *Fusarium* spp., principales productores de esta micotoxina. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Park et al. (2018), quienes documentaron que cereales y derivados son altamente propensos a la contaminación por zearalenona, especialmente bajo condiciones de alta humedad y almacenamiento inadecuado.

En alimentos balanceados, la fase de lactancia mostró una ocurrencia del 86 %, mientras que en la fase de desarrollo la prevalencia alcanzó el 100 %. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Wellington et al. (2020), quienes identificaron prevalencias elevadas de zearalenona en alimentos destinados a animales jóvenes debido a la alta proporción de ingredientes como maíz y soya en las formulaciones. Además, Döll et al. (2008) destacaron que la exposición prolongada a zearalenona en etapas críticas, como la fase de desarrollo, puede tener efectos adversos en la salud reproductiva de los animales.

### **7.3. Concentración de micotoxinas.**

#### **7.3.1. Concentración de Aflatoxinas para materias primas y alimentos balanceados.**

Los resultados obtenidos presentan diferencias significativas con los estudios de otros autores. En las materias primas, el maíz mostro el mayor rango de contaminación (0,0 – 20,5 ug/kg), un resultado consistente con Strosnider et al. (2006), quienes reportaron que el maíz es altamente susceptible a la contaminación por *Aspergillus flavus* en regiones tropicales, con rangos incluso superiores a 20 ug/kg en condiciones desfavorables de almacenamiento. Esto sugiere que las prácticas de manejo son un factor clave en la contaminación.

En los alimentos balanceados, la fase para gestación presentó un rango notable de (0,0 – 15,3 ug/kg), Kumar et al. (2017) observaron valores similares en alimentos balanceados en regiones con climas cálidos, donde la falta de controles estrictos en la selección de materias primas puede construir a la contaminación. Además, nuestros resultados en alimentos de destete y engorde (ocurrencia 100 %) son superiores a los reportados por (Milani, 2013), quien señaló una contaminación promedio del 70 % en subproductos agrícolas, indicando que los procesos de manufactura en este estudio podrían requerir optimización. En contraste, algunos alimentos y materias primas, como el trigo y el alimento para lactancia, no presentaron contaminación detectable en nuestros análisis. (Milani, 2013) también destacó que ciertos granos, como el trigo, son menos propensos a la contaminación debido a su estructura y condiciones de almacenamiento, lo que coincide con nuestros hallazgos.

#### **7.3.2. Concentración de Fumonisina para materias primas y alimentos balanceados.**

Los resultados obtenidos muestran que el maíz presentó el rango más extremo de fumonisinas en las materias primas (0,0 – 12570 ug/kg) con una ocurrencia del 94 %, en concordancia con los hallazgos de Shephard (2008), quien identificó al maíz como uno de los cultivos más vulnerables a la contaminación por *Fusarium* spp. debido a su amplia exposición a factores ambientales propicios para la proliferación de micotoxinas. En los alimentos balanceados, el rango más alto se encontró en el alimento para desarrollo (5020 ug/kg), lo que refleja la acumulación de contaminantes durante la formulación, como también reportaron Marín et al. (2013), quienes subrayaron la transferencia de fumonisinas de las materias primas a los alimentos

balanceados. Por otro lado, el trigo mostró un rango menor (0,0 – 1810 ug/kg) y una menor ocurrencia 67 %, lo cual coincide con Rodríguez et al. (2011), quienes mencionaron que los granos con menor actividad de agua son menos propensos a la contaminación.

### ***7.3.3. Concentración de Deoxynivalenol para materias primas y alimentos balanceados.***

Los resultados del estudio muestran que el maíz presentó el rango más extremo de contaminación por deoxynivalenol en las materias primas (0,0 – 5550 ug/kg) con una media 560,9 ug/kg. Estos valores son comparables a los reportados por Miller y Arnison (2009), quienes observaron concentraciones de DON entre 500 – 700 ug/kg en maíz almacenado bajo condiciones de alta humedad, propicias para el desarrollo de *Fusarium graminearum*. En los alimentos balanceados, la fase de engorde mostro el rango más alto (0,0 – 3156 ug/kg), coincidiendo con lo informado por Casu et al. (2024), quienes señalaron que los alimentos con alta proporción de maíz presentan mayor riesgo de contaminación.

Por su parte, el trigo presentó un rango de (0,0 – 2340 ug/kg) y una media de 966,6 ug/kg, teniendo similitud con lo encontrado por Edwards (2009), quien reportó concentraciones promedio de DON en trigo de hasta 1000 ug/kg, especialmente en cultivos de climas húmedos. Estos resultados subrayan la importancia de implementar controles estrictos durante el manejo y almacenamiento de materias primas para minimizar la exposición de DON en alimentos balanceados y reducir riesgos a la salud animal.

### ***7.3.4. Concentración de Ocratoxina para materias primas y alimentos balanceados.***

Los resultados obtenidos para ocratoxina muestran que en las materias primas, el afrecho de trigo presentó el rango más extremo (0,0 – 16,5 ug/kg) con una media de 3,1 ug/kg. Estos valores son comparables a los reportados por Biffi et al. (2004), quienes encontraron concentraciones de ocratoxina entre 5 – 15 ug/kg en cereales almacenados en climas húmedos. En contraste, el polvillo presento un rango de (0,0 – 9,7 ug/kg), lo que podría atribuirse a una mayor acumulación de ocratoxina en subproductos de granos, como lo describe Malir et al. (2016).

En los alimentos balanceados, el rango más alto se encontró en el alimento de destete (0,0 – 4,3 ug/kg) con una media de 2,15 ug/kg, lo que coincide con los hallazgos de Schatzmayr y Streit (2013), quienes señalaron que los alimentos balanceados pueden contener niveles significativos de ocratoxina debido a la transferencia desde materias primas contaminadas. Estos resultados refuerzan la necesidad de un monitoreo constante en las materias primas y los alimentos balanceados, especialmente en climas cálidos y húmedos que favorecen el desarrollo de hongos productores de ocratoxina como *Aspergillus ochraceus*.

### ***7.3.5. Concentración de Toxina T2 para materias primas y alimentos balanceados.***

Los resultados obtenidos para la toxina T2 muestran que en las materias primas, el afrecho de trigo presentó el rango más extremo (0,0 – 189,9 ug/kg) con una media de 28,4 ug/kg. Estos valores son similares a los reportados por Escrivá et al. (2015), quienes encontraron concentraciones de T2 en cereales entre 20 – 200 ug/kg, destacando la susceptibilidad de los subproductos del trigo. Por otro lado, la soya mostró una media de 17,6 ug/kg, lo que podría deberse a la contaminación durante el almacenamiento, como lo menciona Jestoi (2008).

En los alimentos balanceados, el rango más alto se encontró en la fase para crecimiento (0,0 – 97,3 ug/kg) con una media de 40,3 ug/kg. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Pierron et al. (2016), quienes señalaron que las formulaciones destinadas al crecimiento contienen mayores niveles de micotoxinas debido al uso intensivo de cereales con el trigo siendo una de las materias primas con altas inclusiones. Además, el alimento de desarrollo presentó un valor constante de 13,6 ug/kg, lo que subraya la necesidad de controles más estrictos en esta etapa.

### ***7.3.6. Concentración de Zearalenona para materias primas y alimentos balanceados.***

Los resultados para zearalenona muestran que el maíz presentó el rango más extremo en las materias primas (0,0 – 5101,3 ug/kg) con una media de 325,8 ug/kg, valores que coinciden con los reportados por Streit et al. (2013), quienes encontraron concentraciones de zearalenona superiores a 5000 ug/kg en maíz contaminado por *Fusarium graminearum* en regiones de clima húmedo. En contraste, la soya mostró una media de 45,0 ug/kg, lo que destaca su susceptibilidad

a la contaminación en condiciones de almacenamiento inadecuadas, como lo describe Marroquín-Cardona et al. (2014).

En los alimentos balanceados, la fase para desarrollo presentó el rango más alto (828,7 ug/kg), reflejando la acumulación de zearalenona en productos finales debido al uso de materias primas contaminadas, en línea con los hallazgos de Zinedine et al. (2007). Estos resultados enfatizan la necesidad de monitoreo riguroso y estrategias de mitigación en toda la cadena de producción.

#### **7.4. Frecuencia de micotoxinas en materias primas.**

Los resultados obtenidos indican que la contaminación por micotoxinas varía según la materia prima utilizada en la industria de alimentos balanceados. El maíz presentó una alta incidencia de fumonisinas, deoxinivalenol y zearalenona, lo que concuerda con Munkvold y Desjardins (2007), quienes reportaron que el maíz es particularmente susceptible a micotoxinas, especialmente en climas cálidos y húmedos.

Por otro lado, la soya mostró una elevada contaminación por zearalenona, toxina T2 y aflatoxinas, lo que coincide con los hallazgos de Smith et al. (2016), quienes indicaron que *Aspergillus flavus* es un contaminante frecuente en la soya, favorecido por condiciones de almacenamiento inadecuadas. No obstante, Schatzmayr y Streit (2013) señalan que la toxina T2 es más común en cereales que en leguminosas, sugiriendo que la contaminación en la soya puede estar influenciada por factores regionales.

Asimismo, el polvillo de arroz presentó una elevada presencia de aflatoxinas, ocratoxina y zearalenona, en línea con lo reportado por Marín et al. (2013), quienes destacaron la vulnerabilidad del arroz a *Aspergillus* y *Penicillium* en condiciones de alta humedad. Sin embargo, estudios como los de Grenier y Oswald (2011) argumentan que, si bien la contaminación del arroz puede ser significativa, su impacto en la salud es menor en comparación con la exposición crónica a micotoxinas en maíz y trigo, debido a su menor inclusión en dietas balanceadas.

Por otro lado, el cono de arroz y el trigo presentaron una frecuencia considerable de aflatoxinas, deoxinivalenol y zearalenona, lo que se alinea con lo documentado por Placinta et al. (1999), quienes mencionan que el trigo es particularmente propenso a la contaminación con deoxinivalenol debido a la alta prevalencia de *Fusarium graminearum* en regiones templadas. Sin embargo, algunos estudios como los de Zain (2011) sugieren que las frecuencias de micotoxinas en el trigo pueden variar ampliamente según el sistema de cultivo y las prácticas de cosecha.

### **7.5. Frecuencia de micotoxinas en alimentos balanceados.**

Los resultados de la figura 2 evidencian que las fumonisinas es la micotoxina más frecuente en todas las etapas de alimentación, lo que concuerda con lo señalado por Voss et al. (2007), quienes destacan la alta prevalencia de fumonisinas en alimentos balanceados a base de maíz y su impacto en la salud animal, particularmente en cerdos y aves.

En la etapa de destete, la elevada incidencia de aflatoxinas y fumonisinas coincide con lo reportado por Gallo et al. (2015), quienes mencionan que los animales jóvenes son más vulnerables a la exposición a aflatoxinas debido a su inmadurez hepática, lo que incrementa el riesgo de toxicidad aguda y afecta su desempeño productivo.

Respecto a la etapa de crecimiento, la presencia predominante de fumonisinas y toxina T2 concuerda con lo descrito por Eskola et al. (2019), quienes indicaron que la toxina T2, producida por *Fusarium* spp., afecta la síntesis proteica y la integridad del epitelio intestinal, impactando la eficiencia alimentaria en animales jóvenes. Además, la fase de engorde mostró una alta presencia de aflatoxinas y fumonisinas, lo que concuerda con lo reportado por Smith et al. (2016), quienes encontraron que estas micotoxinas afectan la ganancia de peso y la conversión alimenticia, generando pérdidas económicas en la producción animal.

Finalmente, la baja incidencia de ocratoxina en todas las etapas es consistente con estudios previos que sugieren que esta micotoxina es más frecuente en granos almacenados en condiciones prolongadas de humedad. Resaltando la necesidad de implementar estrategias de control de micotoxinas a lo largo de toda la cadena de producción, desde la selección de materias primas hasta la formulación y almacenamiento balanceados.



## **7.6. Factores asociados para la detección de micotoxinas en materias primas y alimentos balanceados.**

### **7.6.1. Humedad y Temperatura**

Los resultados muestran que ni la humedad relativa ni la temperatura tienen un impacto significativo en la detección de micotoxinas en las muestras analizadas, según los valores de p-valor obtenidos en las tablas 17 a 22. Esto sugiere que estas variables, bajo las condiciones específicas del estudio, no son determinantes en la presencia de aflatoxina, fumonisina, deoxynivalenol, ocratoxina, toxina T2 ni zearalenona.

En la detección de aflatoxinas, no se observó relación significativa con la humedad (89,06 % frente a 88,28 %, p-valor = 0,46) ni con la temperatura (23,90 °C frente a 23,89 °C, p-valor = 0,96). Aunque estudios como el de Marín et al. (2013) han señalado que temperaturas entre 25-30 °C y humedades superiores al 85 % favorecen su desarrollo, los valores homogéneos en este estudio parecen limitar su impacto.

De manera similar, las diferencias en humedad relativa (88,70 % frente a 88,59 %, p-valor = 0,92) y temperatura (23,90 °C frente a 23,87 °C, p-valor = 0,90) tampoco resultaron significativas para fumonisinas. Strosnider et al. (2006) han destacado que las condiciones extremas de calor y humedad son críticas para su producción, lo que podría explicar la ausencia de asociación bajo condiciones estables.

En el caso de deoxynivalenol, tampoco hubo diferencias significativas en humedad (88,13 % frente a 89,04 %, p-valor = 0,41) ni en temperatura (24,08 °C frente a 23,76 °C, p-valor = 0,14). Magan y Aldred (2007) señalaron que la interacción entre estas variables y el tiempo de almacenamiento es clave para el desarrollo de micotoxinas, lo que podría ser un factor no controlado aquí.

La humedad relativa (87,94 % frente a 89,00 %, p-valor = 0,35) y la temperatura (23,82 °C frente a 23,93 °C, p-valor = 0,66) tampoco mostraron significancia estadística para ocratoxina. Esto contrasta con estudios como el de Malir et al. (2016), quienes resaltaron que temperaturas superiores a 20 °C y alta humedad son condiciones ideales para *Aspergillus ochraceus*.

Para la toxina T2, las diferencias en humedad (89,41 % frente a 88,01 %, p-valor = 0,18) y temperatura (23,86 °C frente a 23,93 °C, p-valor = 0,75) tampoco fueron significativas. Según Pierron et al. (2016), las condiciones de almacenamiento pueden ser más determinantes que las diferencias leves en estos parámetros.

Finalmente, para zearalenona tampoco se encontraron asociaciones significativas entre humedad (88,25 % frente a 89,61 %, p-valor = 0,23) o temperatura (23,85 °C frente a 24,00 °C, p-valor = 0,53). Zinedine et al. (2007) señalaron que rangos superiores a 25 °C y humedades altas son más propensos a favorecer su desarrollo.

### **7.6.2. Estaciones climáticas, origen de la muestra, y mes del año.**

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten analizar la influencia de diferentes factores (mes, estación del año y origen geográfico) en la detección de micotoxinas en materias primas y alimentos balanceados.

Por lo cual, para aflatoxina los porcentajes de positividad de aflatoxinas mostraron variaciones a lo largo de los meses y entre diferentes orígenes geográficos. Sin embargo los p-valores obtenidos no indicaron relaciones estadísticamente significativas con ninguna de los factores evaluados. Esto concuerda con lo reportado por Kabak et al. (2007), quienes señalaron que la variabilidad en la presencia de aflatoxinas puede deberse más a condiciones específicas del almacenamiento que a factores estacionales o geográficos.

Así mismo, para fumonisina se observaron porcentajes de positividad elevados en meses específicos como diciembre y octubre, p-valores no indican asociaciones estadísticamente significativas con los factores evaluados. Estudio previos como los de Frisvad et al. (2006) y Marín et al. (2013) también han sugerido que las fumonisinas tienden a presentarse de manera heterogénea, dependiendo de factores como la humedad relativa y actividad de agua en materias primas.

Para deoxynivalenol se identificó una relación estadísticamente significativa entre el origen geográfico y la detección de la micotoxina. Este hallazgo coincide con lo reportado por Placinta

et al. (1999) quienes señalaron que la distribución de deoxynivalenol está influenciada por las condiciones agroclimáticas específica de cada región.

Ocratoxina se identificó que el mes de recolección fue identificado como un factor significativo en la detección de ocratoxina (p-valor = 0,0404). Este resultado es consistente con lo encontrado por Pfohl-Leszkowicz y Manderville (2006), quienes destacaron que las condiciones climáticas de ciertos periodos pueden favorecer la producción de ocratoxina por parte de hongos productores, como *Aspergillus ochraceus* y *Penicillium verrucosum*.

Toxina T2 se identificó que el mes también tuvo una influencia estadísticamente significativa en la detección de toxina T2 (p-valor = 0,0023), con noviembre mostrando el 100 % de positividad. Sin embargo, ni la estación del año (p-valor = 0,5401) ni el origen geográfico (p-valor = 0,2273) tienen un impacto estadísticamente significativo. Pierron et al. (2016) sugiere que la producción de toxina T2 está más relacionada con fluctuaciones ambientales extremas y prácticas de almacenamiento específicas.

Zearalenona no se encontraron relaciones estadísticamente significativas para la zearalenona con el mes, la estación del año ni el origen geográfico sin embargo mayo y noviembre mostraron un 100 % de positividad, aunque con tamaños de muestras pequeños, mientras que diciembre tuvo el porcentaje más bajo con 33,3 %. Esto concuerda con Zinedine et al. (2007), quienes reportaron porcentajes de positividad de hasta 80 %, dependiendo del manejo del cultivo y el almacenamiento.

## 8. Conclusiones

- Las micotoxinas más frecuentes fueron fumonisinas, aflatoxinas y zearalenona, detectadas principalmente en maíz, soya, afrecho de trigo y polvillo de arroz, así como en alimentos balanceados para cerdos, siendo las fases de desarrollo, engorde y crecimiento las más afectadas.
- La zearalenona presentó las concentraciones más elevadas, especialmente en el alimento balanceado para cerdos en la fase de desarrollo, con una concentración media de (828,7 ug/kg), superando los límites permitidos y representando un riesgo para la salud animal por sus efectos estrogénicos y reproductivos en cerdas, lo cual requiere atención prioritaria.
- No se detectó relación entre la presencia de micotoxinas y factores asociados como la humedad, temperatura, estación del año ni el origen geográfico de la muestra (Marcabeli, Piñas, Zaruma y Balsas).
- Los meses con mayor presencia de micotoxinas fueron noviembre, mayo, enero y febrero, especialmente en el caso de ocratoxina, toxina T2 y deoxynivalenol, esta última con mayor frecuencia en muestras del cantón Balsas.

## 9. Recomendaciones

- Implementación de una estrategia integral basada en una combinación de medidas preventivas y correctivas para reducir significativamente el riesgo de contaminación por micotoxinas, garantizando la seguridad del alimento balanceado y la productividad en la producción pecuaria, reduciendo pérdidas económicas asociadas a la exposición a micotoxinas y fortaleciendo la sostenibilidad del sistema de producción.
- Rotación de cultivos con especies no huéspedes de *Fusarium*, el uso de variedades resistentes, la optimización de fertilizantes y riego para reducir el estrés de las plantas y la aplicación controlada de fungicidas e insecticidas autorizados ayudando a minimizar la proliferación de hongos productores de micotoxinas en el campo.
- Agregar aditivos a base de ácidos orgánicos, sales amonio y aglutinantes en la línea de recepción de granos destinados a la formulación de alimentos balanceados, con el objetivo de prevenir el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas durante el almacenamiento.
- Incluir adsorbentes de micotoxinas como aluminosilicatos, bentonitas o biotransformadores, en la formulación de alimentos balanceados para reducir la absorción de estas toxinas en los animales. Es fundamental seleccionar estos aditivos en función de su eficiencia contra micotoxinas específicas, ya que no todos los secuestrantes funcionan contra todas las micotoxinas, contribuyendo a minimizar los riesgos asociados a la contaminación, mejorando la seguridad y calidad del alimento.

## 10. Bibliografía

- Adeyeye, S. A. O., & Yildiz, F. (2016). Fungal mycotoxins in foods: A review. doi:<https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1213127>
- Aesan. (2023). Micotoxinas. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/gestion\\_riesgos/Ficha\\_OTA\\_2023.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/Ficha_OTA_2023.pdf)
- Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., & Varzakas, T. (2020). Avances en la presencia, importancia y estrategias de control de micotoxinas: prevención y desintoxicación en alimentos. doi: <https://doi.org/10.3390/foods9020137>
- Alshannaq, A., & Yu, J.-H. (2017). Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph14060632>
- Altomare, C., Logrieco, A., & Gallo, A. (2021). Micotoxinas y hongos micotoxigénicos: riesgo y gestión. Un desafío para la seguridad alimentaria mundial en el futuro. doi:10.1016/B978-0-12-819990-9.00032-9
- Amaya, D. R., & Sabino, M. (2002). Mycotoxin research in Brazil: the last decade in review. doi:<https://doi.org/10.1590/S1517-83822002000100001>
- Andrea. (2018). Mycotoxins in developing countries: The silent killer. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://escholarship.org/content/qt3jw9j7jg/qt3jw9j7jg\\_noSplash\\_6f5bb77a62aaf8d14d4dc960f312262b.pdf?t=pkwojp](https://escholarship.org/content/qt3jw9j7jg/qt3jw9j7jg_noSplash_6f5bb77a62aaf8d14d4dc960f312262b.pdf?t=pkwojp)
- Anfossi, L., Giovannoli, C., & Baggiani, C. (2016). Mycotoxin detection. doi:<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.11.005>
- Arellano, J. L. (2003). Métodos de determinación, identificación y control de micotoxinas en ingredientes para la nutrición animal. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.produccion->

animal.com.ar/sanidad\_intoxicaciones\_metabolicos/Micotoxicosis/36-  
metodos\_eterminacion\_micotoxinas.pdf

- Arroyo, N., Huertas, J., Gámiz, L., & García, A. (2014). Control de micotoxinas en alimentos. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ugr.es/~fqm302/media/pdf/BOLETIN%20GRASEQA\_7\_2014.pdf
- Arroyo-Manzanares, N., Rodríguez-Estévez, V., Arenas-Fernández, P., García-Campaña, A., & Gámiz-Gracia, L. (2019). Occurrence of Mycotoxins in Swine Feeding from Spain. doi: <https://doi.org/10.3390/toxins11060342>.
- Bennett, J. W., & Klich, M. (2003). Mycotoxins. doi:<https://doi.org/10.1128/cmr.16.3.497-516.2003>
- Bezerra, M., Oliveira, F., Feitosa, F., Florindo, M., & Rondina, D. (2014). Mycotoxins and their effects on human and animal health. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.021>
- Biffi, R., Munari, M., Dioguardi, L., Ballabio, C., Cattaneo, A., Galli, C. L., & Restani, P. (2004). Ochratoxin A in conventional and organic cereal derivatives: a survey of the Italian market, 2001–02. *Food Additives & Contaminants*, 21(6), 586–591. doi:<https://doi.org/10.1080/02652030410001687708>
- Binder, E., Tan, L., Chin, L., Handl, J., & Richard., J. (2007). Presencia mundial de micotoxinas en productos básicos, piensos e ingredientes de piensos. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.005>
- Borja, B., & Calvo, Á. (2017). Control de micotoxinas en alimentación y salud pública. Obtenido de <https://raed.academy/revista-15/control-micotoxinas-alimentacion/>
- Cano, E. (2018). Impacto de las micotoxinas en la producción animal. Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/impacto-de-las-micotoxinas-en-la-produccion-animal/>

- Casu, A., Leggieri, M. C., Toscano, P., & Battilani, P. (2024). Changing climate, shifting mycotoxins: A comprehensive review of climate change impact on mycotoxin contamination. doi:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13323>
- Chaytor, A. C., Hansen, J. A., Heugten, E. v., See, M. T., & Kim, S. W. (2011). Occurrence and Decontamination of Mycotoxins in Swine Feed. doi:<https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10358>
- Chehri, K., S. T., Reddy, K. R., S. A., & Salleh, B. (2010). Presencia de Fusarium spp. y fumonisinas en granos de trigo almacenados comercializados en Irán. doi:10.3390/toxins2122816
- Chulli, E. (2023). Contaminación de micotoxinas en alimento balanceado. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19081/1/27T00623.pdf
- Daou, R., Joubrane, K., Maroun, R. G., & Rabbaa, L. (2021). Mycotoxins: Factors influencing production and control strategies. doi:10.3934/agrfood.2021025
- Dellafiora, L., & Dall'Asta, C. (2017). Forthcoming Challenges in Mycotoxins Toxicology Research for Safer Food—A Need for Multi-Omics Approach. doi:10.3390/toxins9010018
- Diekman, M. A., & Green, M. L. (1992). Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. doi:<https://doi.org/10.2527/1992.7051615x>
- Döll, S., Dänicke, S., & Valenta, H. (2008). Residuos de deoxinivalenol (DON) en el tejido de los cerdos después de la alimentación con dietas en forma de harina o pellets que contienen bajas concentraciones. doi:<https://doi.org/10.1002/mnfr.200700308>
- Duarte, S., & Villamil, L. (2006). Micotoxinas en la Salud Pública. Obtenido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-433519>



- Edwards. (2009). Fusarium mycotoxin content of UK organic and conventional wheat Volume 26. doi:<https://doi.org/10.1080/02652030802530679>
- Edwards, S., Callaghan, J., & Dobson, A. (2002). Detección y cuantificación de hongos micotoxigénicos mediante PCR. doi:<https://doi.org/10.1017/S0953756202006354>
- Ekwomadu, T. I., Akinola, S. A., & Mwanza, M. (2021). Fusarium Mycotoxins, Their Metabolites (Free, Emerging, and Masked), Food Safety Concerns, and Health Impacts. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Nov 9;18(22):11741. doi:10.3390/ijerph182211741.
- Elika. (2023). Deoxynivalenol. Obtenido de <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/deoxinivalenol/>
- Escrivá, L., Font, G., & Manyes, L. (2015). In vivo toxicity studies of Fusarium mycotoxins in the last decade: A review. doi:10.1016/j.fct.2015.02.005
- Eskola, M., Kos, G., & Elliott, C. T. (2019). Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(16), 2773–2789. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570>
- Espíndola, S. (2006). Micotoxinas y micotoxicosis en el ganado bovino lechero. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglefindmkaj/<https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545053013.pdf>
- FAO. (2024). Micotoxinas. Obtenido de <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/mycotoxins/es/>
- Flores, C., Quintanar, R., Manzanares, M., & Mejía, A. (2018). Regulación sobre Niveles de Micotoxinas en Alimentos para Cerdos. Obtenido de <https://bmeditores.mx/porcicultura/regulacion-sobre-niveles-de-micotoxinas-en-alimentos-para-cerdos-1394/>

- Fokunang, C., Tembe-Fokunang, E., & Barkwan, S. (2006). Global Impact of Mycotoxins on Human and Animal Health Management. doi:<https://doi.org/10.5367/000000006779398263>
- Gallo, A., Giuberti, G., Frisvad, J. C., Bertuzzi, T., & Nielsen, K. F. (2015). Review on Mycotoxin Issues in Ruminants: Occurrence in Forages, Effects of Mycotoxin Ingestion on Health Status and Animal Performance and Practical Strategies to Counteract Their Negative Effects. doi: 10.3390/toxins7083057
- García, J. (2023). Las Micotoxinas y su efecto inmunodepresor. Obtenido de <https://bmeditores.mx/avicultura/las-micotoxinas-y-su-efecto-inmunodepresor/>
- Gimeno, A. (2022). Principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas . Obtenido de [https://www.engormix.com/micotoxinas/micotoxinas-silaje/principales-factores-condicionantes-desarrollo\\_a26065/](https://www.engormix.com/micotoxinas/micotoxinas-silaje/principales-factores-condicionantes-desarrollo_a26065/)
- Godseill, C., Nyakundi, C. G., Nwozo, S., Akinyi, G., Eseoghene, J., Twinomuhwezi, H., . . . Odilichukwu, C. (2021). Mecanismos toxicológicos de las micotoxinas que afectan a los seres humanos y al ganado y sus problemas de salud asociados. doi:<https://doi.org/10.3390/toxins14030167>
- Grenier, B., & Oswald, I. (2011). Mycotoxin co-contamination of food and feed: meta-analysis of publications describing toxicological interactions. doi:10.3920/WMJ2011.1281
- Gurikar, C., Shivaprasad, D., Sabillón, L., Gowda, N. N., & Siliveru, K. (2022). Impact of mycotoxins and their metabolites associated with food grains. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.10.001>
- He, A. (2018). MYCOTOXINS IN DEVELOPING COUNTRIES: THE SILENT KILLER. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://escholarship.org/content/qt3jw9j7jg/qt3jw9j7jg\\_noSplash\\_6f5bb77a62aaf8d14d4dc960f312262b.pdf?t=pkwoj](https://escholarship.org/content/qt3jw9j7jg/qt3jw9j7jg_noSplash_6f5bb77a62aaf8d14d4dc960f312262b.pdf?t=pkwoj)

- Hoffmans, Y., Schaarschmidt, S., Fauhl-Hassek, C., & Van Der Fels-Klerx, H. (2022). Factors during Production of Cereal-Derived Feed That Influence Mycotoxin Contents. *Toxins*, 14. doi:<https://doi.org/10.3390/toxins14050301>.
- Holanda, D. M., & Kim, S. W. (2021). Mycotoxin Occurrence, Toxicity, and Detoxifying Agents in Pig Production with an Emphasis on Deoxynivalenol. doi:<https://doi.org/10.3390/toxins13020171>
- Janik, E., Niemcewicz, M., Ceremuga, M., Maksymilian, E., Saluk, J., Saluk, J., & Bijak, M. (2020). Aspectos moleculares de las micotoxinas: un grave problema para la salud humana. doi:<https://doi.org/10.3390/ijms21218187>
- Jestoi, M. (2008). Emerging Fusarium-Mycotoxins Fusaproliferin, Beauvericin, Enniatins, And Moniliformin—A Review. doi:<https://doi.org/10.1080/10408390601062021>
- Kabak, B., Dobson, A. D., & Var, I. (2007). Strategies to Prevent Mycotoxin Contamination of Food and Animal Feed: A Review. doi:<https://doi.org/10.1080/10408390500436185>
- Kępińska-Pacelik, J., & Biel, W. (2021). Alimentary Risk of Mycotoxins for Humans and Animals. doi: <https://doi.org/10.3390/toxins13110822>
- Koirala, P., Kumar, S., Yadav, B., & Kc, P. (2005). Presencia de aflatoxina en algunos alimentos y piensos en Nepal. doi:10.4103/0019-5359.16649
- Krogh, P. (2007). Micotoxicosis de los animales. doi:10.1007/BF00447172
- Kumar, P., Kumar, P., Kamle, M., Mohanta, T. K., & Kang, S. G. (2017). Aflatoxinas: una preocupación mundial para la seguridad alimentaria, la salud humana y su gestión. doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02170>
- Kumar, V., Basu, M., & Rajendran, T. (2008). Mycotoxins and mycoflora of some commercially important agricultural commodities. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/236853145\\_Mycotoxins\\_and\\_mycoflora\\_of\\_some\\_commercially\\_important\\_agricultural\\_comodities](https://www.researchgate.net/publication/236853145_Mycotoxins_and_mycoflora_of_some_commercially_important_agricultural_comodities)

- Lara, J. (2003). Métodos de determinación, identificación y control de micotoxinas en ingredientes para la nutrición animal. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\_intoxicaciones\_metabolicos/Micotoxicosis/36-metodos\_eterminacion\_micotoxinas.pdf
- Latham, R., Boyle, J., Barbano, A., Loveman, W., & Brown, N. A. (2023). Diversas amenazas de micotoxinas para la seguridad alimentaria y los cereales para piensos. doi:10.1042/EBC20220221
- Laura Anfossi, C. G. (2015). Detección de micotoxinas. doi:https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.11.005
- López, Jiménez, Ezpeleta, & Bello. (2000). Efectos tóxicos de la ocratoxina A. Obtenido de https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-31056?lang=es
- Machuca, K. (2022). Revisión bibliográfica de los distintos métodos de diagnóstico y tratamiento para la micotoxicosis en cerdos. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19839/1/ECUACA-2022-MV-DE00015.pdf
- Magan, N., & Aldred, D. (2007). Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.034
- Malir, F., Ostry, V., Pfohl-Leszkowicz, A., Malir, J., & Toman, J. (2016). Ochratoxin A: 50 Years of Research. doi:https://doi.org/10.3390/toxins8070191
- Malir, F., Ostry, V., Pfohl-Leszkowicz, A., Malir, J., & Toman, J. (2016). Ochratoxin A: 50 Years of Research. doi:https://doi.org/10.3390/toxins8070191
- Mallman, C., Dilkin, P., Giacomini, L., Rauber, R., & Pereira, C. (2008). Micotoxinas en Ingredientes para alimento balanceado de aves. Obtenido de https://www.wattagnet.com/home/article/15482264/micotoxinas-en-ingredientes-para-alimento-balanceado-de-aves

- Marín, D., Pistol, G., Gras, M., Palade, M., & Taranu, I. (2017). Efecto comparativo de la ocratoxina A sobre los parámetros de inflamación y estrés oxidativo en el intestino y el riñón de lechones. doi:<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.07.031>
- Marin, Ramos, Sancho, & Sanchis. (2013). Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. doi: [10.1016/j.fct.2013.07.047](https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047)
- Marín, S., Ramos, A., Cano-Sancho, G., & Sanchis, V. (2013). Micotoxinas: presencia, toxicología y evaluación de la exposición. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>
- Marroquín-Cardona, A., Johnson, N., Phillips, T., & Hayes, A. (2014). Micotoxinas en un entorno global cambiante: una revisión. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.04.025>
- Martínez, A., Garrido, P., Bravo, J., Guijarro, M., Andrade, P., Moreno, C., . . . Ramos, L. (2021). Evaluación de la presencia de las micotoxinas zearalenona y aflatoxina total en arroz sin cáscara en las provincias de mayor producción de Ecuador. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/157/1572982005/>
- McDougal. (2023). Riesgos para la salud animal derivados de la ocratoxina A en los piensos. Obtenido de <https://es.allaboutfeed.net/riesgos-para-la-salud-animal-derivados-de-la-ocratoxina-a-en-los-piensos/>
- McDougal. (2024). La Encuesta Mundial sobre Micotoxinas muestra un aumento continuo en el último año. Obtenido de <https://es.allaboutfeed.net/la-encuesta-mundial-sobre-micotoxinas-muestra-un-aumento-continuo-en-el-ultimo-ano/>
- McDougal, T. (2013). Riesgos para la salud animal derivados de la ocratoxina A en los piensos. Obtenido de <https://es.allaboutfeed.net/riesgos-para-la-salud-animal-derivados-de-la-ocratoxina-a-en-los-piensos/>
- Megias, J. (2021). Micotoxinas, de principio a fin. Obtenido de <https://nutrinews.com/micotoxinas-de-principio-a-fin/>

- Mendoza, R. S., Alvarado, G. R., Pavía, S. P., Marrufo, G. V., Castro, J. C., & Malvido, J. B. (2017). Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública? Obtenido de <https://www.revista.unam.mx/vol.18/num6/art46/index.html>
- Milani, J. (2013). Ecological conditions affecting mycotoxin production in cereals. doi:10.17221/6979-VETMED
- Milićević, D. R., Škrinjar, M., & Baltic, T. (2010). Riesgos reales y percibidos de contaminación por micotoxinas en alimentos y piensos: desafíos para el control de la seguridad alimentaria. doi:<https://doi.org/10.3390/toxins2040572>
- Miller, J. D., & Arnison, P. G. (2009). Degradation of deoxynivalenol by suspension cultures of the *Fusarium* head blight resistant wheat cultivar Frontana. doi:10.1080/07060668609501818
- Molina, J., Real, M., Jiménez, I., Belhassen, H., Hedhili, A., Torné, P., . . . Olea, N. (2014). Evaluación de las actividades estrogénicas y antiandrogénicas de la micotoxina zearalenona y sus metabolitos mediante bioensayos in vitro específicos de receptores. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.10.008>
- Munkvold, & Desjardins. (2007). Fumonisin in Maize: Can We Reduce Their Occurrence? doi:<https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.6.556>
- Muñoz-Solano, B., & González-Peñas, E. (2023). Co-Occurrence of Mycotoxins in Feed for Cattle, Pigs, Poultry, and Sheep in Navarra, a Region of Northern Spain. *Toxins*, 15. doi:10.3390/toxins15030172
- Natalia Arroyo Manzanares, J. F.-P.-G.-C. (2014). Control de micotoxinas en alimentos. Obtenido de [https://www.ugr.es/~fqm302/media/pdf/BOLETIN%20GRASEQA\\_7\\_2014.pdf](https://www.ugr.es/~fqm302/media/pdf/BOLETIN%20GRASEQA_7_2014.pdf)
- Nutriad. (2018). Fumonisin: Una amenaza extremadamente peligrosa y subestimada. Obtenido de <https://es.allaboutfeed.net/fumonisin-una-amenaza-extremadamente-peligrosa-y-subestimada/>

- Organización Mundial de la Salud, O. (2023). Micotoxinas. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
- P.Guerre. (2016). Worldwide Mycotoxins Exposure in Pig and Poultry Feed Formulations. doi:10.3390/toxins8120350
- Park, J., Chang, H., Kim, D., Chung, S., & Lee, C. (2018). Long-Term Occurrence of Deoxynivalenol in Feed and Feed Raw Materials with a Special Focus on South Korea. doi:10.3390/toxins10030127
- Pereyra, C., Cavaglieri, L., Chiacchiera, S., & Dalcerro, A. (2011). Mycobiota and mycotoxins contamination in raw materials and finished feed intended for fattening pigs production in eastern Argentina. *Veterinary Research Communications*, 35, 367-379. doi:<https://doi.org/10.1007/s11259-011-9483-9>.
- Perusia, O. R., & Rodríguez, A. R. (2001). Micotoxicosis. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172001000200013](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200013)
- Perusia, O., & Rodríguez, R. (2017). Zearalenona. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/Micotoxicosis/80-ZEARALENONA.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/80-ZEARALENONA.pdf)
- Pestka, J. J., & Smolinski, A. T. (2011). Deoxinivalenol: toxicología y posibles efectos en humanos. doi:<https://doi.org/10.1080/10937400590889458>
- Pfohl-Leszkowicz, A., & Manderville, R. A. (2006). Ochratoxin A: An overview on toxicity and carcinogenicity in animals and humans. doi:<https://doi.org/10.1002/mnfr.200600137>
- Pierron, A., Alassane-Kpembi, I., & Oswald, I. P. (2016). Impact of mycotoxin on immune response and consequences for pig health. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.03.001>

- Pierron, A., Alassane-Kpembi, I., & Oswald, I. P. (2016). Impact of mycotoxin on immune response and consequences for pig health. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.03.001>
- Pierron, A., Alassane-Kpembi, I., & Oswald, I. P. (2016). Impact of mycotoxin on immune response and consequences for pig health. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.03.001>
- Placinta, C., Mello, J. D., & A, M. M. (1999). A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. doi:[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00278-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00278-8)
- Ploegmakers, M. (2023). Foro mundial sobre micotoxinas: El camino hacia un sistema alimentario resistente y libre de toxinas. Obtenido de <https://es.allaboutfeed.net/foro-mundial-sobre-micotoxinas-el-camino-hacia-un-sistema-alimentario-resistente-y-libre-de-toxinas/>
- Rafael Castañeda Sánchez, e. a. (2012). Micotoxicosis derivadas de la nutrición animal. Revista Iberoamericana. Obtenido de file:///C:/Users/INSPIRON%2015/Downloads/Dialnet-MicotoxicosisDerivadasDeLaNutricionAnimal-3929549%20(4).pdf
- Reddy, K., Salleh, B., Saad, B., Abbas, H., & Shier, C. A. (2010). An overview of mycotoxin contamination in foods and its implications for human health. doi:<https://doi.org/10.3109/15569541003598553>
- Richard, J. L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicoses—An overview. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.019>
- Rodrigues, I., Handl, J., & Binder, E. M. (2011). Mycotoxin occurrence in commodities, feeds and feed ingredients sourced in the Middle East and Africa. doi:[10.1080/19393210.2011.589034](https://doi.org/10.1080/19393210.2011.589034)
- RStudio. (2024 ). RStudio: Integrated Development Environment for R (4.3.3). Obtenido de <https://www.rstudio.com/>



- Sánchez, R. C., Martorell, J. C., & Baldoví, E. C. (2012). Micotoxinas derivadas de la nutrición animal. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3929549>
- Schatzmayr, G., & Streit, E. (2013). Global occurrence of mycotoxins in the food and feed chain: facts and figures. doi:<https://doi.org/10.3920/WMJ2013.1572>
- Schelstraete, W., Devreese, M., & Croubels, S. (2020). Comparative toxicokinetics of Fusarium mycotoxins in pigs and humans. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111140>
- Serrano, H., & Cardona, N. (2015). Micotoxinas y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-87052015000100012&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87052015000100012&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Shephard. (2008). Impact of mycotoxins on human health in developing countries. doi:<https://doi.org/10.1080/02652030701567442>
- Shephard, G., Thiel, P., Stockenström, S., & Sydenham, E. (1996). Encuesta mundial sobre la contaminación del maíz y los productos a base de maíz por fumonisinas. doi: <https://doi.org/10.1093/jaoac/79.3.671>
- Sillué, S., Daschner, Á., Morales, F., Rubio, C., Ruiz, M., & Burdaspal, P. (2021). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los efectos del cambio climático sobre la presencia de micotoxinas en los alimentos. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/evaluacion\\_riesgos/informes\\_comite/MICOTOXINAS\\_CAMBIO\\_CLIMATICO.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/MICOTOXINAS_CAMBIO_CLIMATICO.pdf)
- Singh, E., & Chandra, P. (2021). Aflatoxins: Food Safety, Human Health Hazards and Their Prevention. doi:10.5772/intechopen.96647

- Smith, M., Madec, S., Coton, E., & Hymery, N. (2016). Coocurrencia natural de micotoxinas en alimentos y piensos y sus efectos toxicológicos combinados in vitro. doi:10.3390/toxins8040094
- Sobrova, P., Adam, V., Vasatkova, A., Beklova, M., Zeman, L., & Kizek, R. (2010). Deoxinivalenol y su toxicidad. doi: 10.2478/v10102-010-0019-x
- Streit, E., Nährer, K., Rodrigues, I., & Schatzmayr, G. (2013). Presencia de micotoxinas en piensos y materias primas para piensos en todo el mundo: análisis a largo plazo con especial atención a Europa y Asia. doi:https://doi.org/10.1002/jsfa.6225
- Strosnider, H., Azziz-Baumgartner, E., Banziger, M., Bhat, R. V., Breiman, R., Brune, M.-N., & DeCock, K. (2006). Workgroup Report: Public Health Strategies for Reducing Aflatoxin Exposure in Developing Countries, Volume 114, Issue 12. doi:https://doi.org/10.1289/ehp.9302
- Trujano, M. (2021). Efectos del Deoxinivalenol en cerdos. Obtenido de <https://nutrinews.com/efectos-del-deoxinivalenol-en-cerdos/>
- Twarużek, M., Skrzydlewski, P., Kosicki, R., & Grajewski, J. (2021). Estudio sobre micotoxinas en materias primas y piensos en los años 2015-2020. doi:https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.09.005
- Velarde, K., Ramón, P., Román, F., & Díaz, B. (2023). Detección de micotoxinas (aflatoxinas) en alimentos primarios y procesados para humanos y animales de granja, en Riobamba-Ecuador. doi:https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4126
- Villela, S., Díaz, B., & Rodas, E. (2018). Presencia de micotoxinas en granos de maíz (zea mays l.) Producidos y consumidos por las familias de cuatro municipios de la región ch'orti' del departamento de chiquimula. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/9%20MA%20C3%208DZ%20ORIENTE/Micotoxinas-Servio%20Villela-

CUNORI/MICOTOXINAS%20EN%20MA%C3%8DZ%20REGION%20CHORT%  
C3%8D.pdf

Voss, K., Smith, G., & Haschek, W. (2007). Fumonisin: Toxicokinetics, mechanism of action and toxicity. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.007>

Wagacha, J., & Muthomi, J. (2008). Mycotoxin problem in Africa: Current status, implications to food safety and health and possible management strategies. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.01.008>

Wagacha, J., & Muthomi, J. (2008). Mycotoxin problem in Africa: Current status, implications to food safety and health and possible management strategies. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.01.008>

Wellington, M. O., Bosompem, M. A., Petracek, R., Nagl, V., & Columbus, D. A. (2020). Efecto de la alimentación a largo plazo con niveles graduados de deoxinivalenol (DON) sobre el rendimiento del crecimiento, la utilización de nutrientes y la salud de los órganos en cerdos en etapa de finalización y el contenido de DON en muestras biológicas. doi:10.1093/jas/skaa378

Wu, F., Groopman, J., & Pestka, J. (2014). Public Health Impacts of Foodborne Mycotoxins. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092431>

Xu, R., Kiarie, E. G., Yiannikouris, A., & Karrow, L. S. (2022). Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. doi:<https://doi.org/10.1186/s40104-022-00714-2>

Yu, Ahmad Alshannaq & Jae-Hyuk. (2017). Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph14060632>

Zain, M. E. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jscs.2010.06.006>

Zamora, J., Otárola, I., & Brenes, O. (2005). La apoptosis y su relación con diversos nutrientes. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000300002>

Zhang, D., Cai, L., Bian, F., Tiantian, K., & Zhao, Y. (2020). Cuantificación sin etiquetas de micotoxinas multiplexadas mediante G-Quadruplex basado en códigos de barras fotónicos. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.analchem.9b05213>

Zinedine, A., Soriano, J. M., Moltó, J. C., & Mañes, J. (2007). Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An oestrogenic mycotoxin. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.07.030>

Zingales, V., Taroncher, M., Martino, P., Ruiz, M., & Caloni, F. (2022). Climate Change and Effects on Molds and Mycotoxins. doi:<https://doi.org/10.3390/toxins14070445>



## Anexo 2. Certificado de traducción en inglés.

Loja, 26 de marzo de 2025

La suscrita Karla Isabel Carpio Toledo.

**Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención idioma inglés y Máster Universitario en Educación Bilingüe**

A petición de la parte interesada y de forma legal:

### CERTIFICA

Que **Byron Josue Azanza Sanchez** con cédula de identidad 0106381924, estudiante de la **Maestría en Sanidad Animal**, de la Universidad Nacional de Loja, completó satisfactoriamente la presente traducción de español a inglés del trabajo de titulación denominado: "**Análisis de la contaminación por micotoxinas en alimento balanceado y materias primas utilizados en dietas de cerdos en la parte alta de la provincia del Oro.**"

Traducción que fue guiada y revisada minuciosamente por mi persona. En consecuencia, se da validez a la presentación de la misma. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el estudiante hacer uso del presente documento en lo que estimare conveniente.

Atentamente,



KARLA ISABEL  
CARPIO TOLEDO

Karla Isabel Carpio Toledo

**Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención idioma inglés y Máster Universitario en Educación Bilingüe**

Números de Registro Senescyt: 1008-14-1267820 / 7241141626

Cédula: 1105172280

Correo: [karla\\_ict@hotmail.com](mailto:karla_ict@hotmail.com)

Celular: 0991914658