



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



CONTROL DE LA AFLATOXICOSIS INDUCIDA EN PATOS
PEKIN MEDIANTE LA UTILIZACION DE MATERIALES
ARCILLOSOS

TESIS

PRESENTADA POR:

FERNANDO CARLOS HUMPIRE ESTRADA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, salud y sabiduría.

A mi amada pareja, hija e hijos por llegar a mi vida y darme su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de este proyecto y empezar juntos en esta nueva etapa para construir un nuevo camino de felicidad.

A mis queridos padres por brindarme su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de mi carrera universitaria.

Y a todas aquellas personas que me aconsejaron para no rendirme en esta travesía.

Fernando C. Humpire Estrada



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater y querida Universidad Nacional del Altiplano-Puno, y a la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme formado profesionalmente y moralmente. Al laboratorio de nutrición animal de la FMVZ - UNA – Puno, por el apoyo permanente para este presente trabajo de investigación y a mi director Dr. Marcelino Jorge Aranibar, por la sabiduría y paciencia; a los laboratorios de microbiología e inmunología y patología animal por el apoyo científico. A los Doctores Harnold Portocarrero por su asesoramiento científico permanente y Oscar Espezua por su apoyo moral y a todos aquellos técnicos de los laboratorios de la FMVZ - UNA - Puno, por su ayuda en el uso de materiales y equipo científico.

Al Doctor John Gómez quien en vida fue un gran apoyo para culminar este proyecto como jefe de laboratorio de Patología Aviar de UNMSM-Lima.

A los docentes y jurados: D.sc. Simon Foraquita; D.sc. Bilo Wenceslao Calsin; M.sc. Oscar David Oros, por los aportes en el desarrollo de este proyecto.

Y finalmente a mi familia y padres por el apoyo constante para lograr este proyecto tesis de investigación.

Fernando C. Humpire Estrada



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17

1.1.1 Objetivo general 17

1.1.2 Objetivos específicos..... 17

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CICLO BIOLÓGICO DEL GÉNERO ASPERGILLUS 18

2.2 MICOTOXINAS 19

**2.3 PRINCIPALES ESPECIES DE HONGOS Y SUS MICOTOXINAS CON
ESPECIAL INTERÉS BIOLÓGICO O ECONÓMICO 20**

2.4 MICOTOXINAS Y MICOTOXICOSIS EN AVES..... 21

2.5 MICOTOXINAS E INMUNOSUPRESIÓN..... 21

**2.6 LAS MICOTOXINAS MÁS COMUNES Y SUS IMPACTOS EN LA
PRODUCCIÓN ANIMAL..... 23**

2.7 PRINCIPALES MICOTOXINAS EN AVICULTURA 24

**2.8 IMPACTO NEGATIVO DE LAS MICOTOXINAS SOBRE LA SALUD Y
PRODUCTIVIDAD DE LOS ANIMALES 25**



2.9 AFLATOXINAS.....	25
2.10 ESTRUCTURAS DE LAS TOXINAS MÁS PELIGROSAS.....	26
2.11 NIVELES DE AFLATOXINAS PERMISIBLES EN LOS ALIMENTOS.	27
2.12 TOXICOCINÉTICA.....	28
2.13 SUSCEPTIBILIDAD DE LOS ANIMALES A LAS AFLATOXINAS	29
2.14 IMPACTO DE LAS AFLATOXINAS SOBRE LA SALUD Y PRODUCTIVIDAD DE LAS AVES	29
2.15 SÍNTOMAS Y ALTERACIONES NUTRICIONALES OBSERVADAS EN CAMPO.....	31
2.16 OTRAS INVESTIGACIONES	32
2.17 ARCILLAS	35
2.18 PROPIEDADES Y USOS DE LA ARCILLA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	36
2.19 CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS	36
2.20 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS ARCILLAS	38
2.21 PROPIEDADES DIFERENCIALES DE LOS SILICATOS.....	40
2.22 BENTONITA.....	41
2.23 ARCILLA CHACKO O CH´AQO.....	42
2.24 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA ARCILLA “CHACKO”	43
2.25 USOS DE LA ARCILLA “CHACKO”.....	44
2.26 ARCILLAS COMERCIAL.....	45
2.27 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN PATOS.....	46
2.28 ANTECEDENTES	47
2.29 MÉTODOS DE DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS	54
2.30 PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	54
2.30.1 Consumo de alimento	54



2.30.2 Ganancia media diaria del peso vivo.....	55
2.30.3 Índice de Conversión Alimenticia	55
2.30.4 Porcentaje de materia seca en heces	55
2.31 MORTALIDAD.....	55
2.32 LESIONES HEPÁTICAS	56
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 MEDIO EXPERIMENTAL	57
3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	57
3.2.1 Los animales.....	57
3.2.2 Aflatoxinas	58
3.2.3 Maíz contaminado para las dietas experimentales	59
3.2.4 Protocolo para purificación y activación de arcilla Monchacck 3 A-T (modificado de Aranibar H. (2011):.....	60
3.3 DIETAS EXPERIMENTALES	61
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	63
3.5 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	64
3.5.1 Temperatura del ambiente de la sala de cría.....	64
3.5.2 Suministro de alimento.....	64
3.5.3 Toma de muestra del alimento contaminado para la determinación de aflatoxinas mediante la prueba de Cromatografía en Capa fina (TLC).....	65
3.5.4 Control de pesos.	65
3.5.5 Sacrificios de los animales.	65
3.5.6 Sanidad.	66
3.6 VARIABLES DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS.....	66
3.6.1 Consumo de Alimento.....	66
3.6.2 Ganancia de peso vivo.....	66
3.6.3 Índice de Conversión Alimenticia (IC).	66



3.6.4 Porcentaje de Mortalidad.....	67
3.6.5 Porcentaje de materia seca en heces (% MS).	67
3.6.6 Lesiones hepáticas.	67
3.7 DISEÑO ESTADÍSTICO	69
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. ANÁLISIS DE LAS AFLATOXINAS EN EL ALIMENTO CONTAMINADO MEDIANTE LA PRUEBA DE CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA (TLC). 70	
4.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	71
4.2.1 Consumo de alimento.	71
4.2.2 Peso vivo	72
4.2.3 Ganancia media diaria del peso.	74
4.2.4 Índice de Conversión Alimenticia.	75
4.2.5 Porcentaje de materia seca en heces.	76
4.3 PORCENTAJE DE MORTALIDAD	78
4.4 LESIONES PATOLÓGICAS	80
V. CONCLUSIONES	84
VI. RECOMENDACIONES	85
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	95

ÁREA: Salud Animal.

TEMA: Control de aflatoxicosis de patos con materiales arcillosos.

FECHA DE SUSTENTACION: 27 de julio de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interrelación entre inóculos primario y secundario en el ciclo de vida del <i>Aspergillus flavus</i> (Diener & Davis, 1987).....	19
Figura 2. Estructura química de las toxinas fúngicas.....	27
Figura 3. Descripción macroscópica de las lesiones de los hígados de 5 tratamientos, a la necropsia del 19 d en patos Pekín que consumen alimentos contaminados con aflatoxinas.....	82



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales especies productoras de micotoxinas.....	20
Tabla 2. Resumen de las diferentes micotoxinas y sus efectos tóxicos sobre diferentes especies de animales.....	24
Tabla 3. Principales micotoxinas, hongos productores, alimentos más contaminados y condiciones para su aparición en la avicultura.....	24
Tabla 4. Niveles de actuación propuestos por la FDA para la presencia de aflatoxinas en los alimentos.....	28
Tabla 5. Efecto de la aflatoxina B1 (AFB1) en la mortalidad.....	33
Tabla 6. Clasificación de las arcillas.....	37
Tabla 7. Propiedades físico-químicas diferenciales de los silicatos.....	40
Tabla 8. Efecto de la bentonita sódica (0.5%) sobre los rendimientos de pollos alimentados con dietas completas a base de maíz, soya y con dietas deficientes en Na (Def.-Na), en minerales traza (Deef.-MT) y en proteína bruta (Def.-PB).....	42
Fuente: (Lindemann et al., 1993). * $P \geq 0.05$ ** $P \geq 0.01$	42
Tabla 9. Requerimientos nutricionales en patos desde el inicio de su crianza hasta su acabado para su beneficio.....	47
Tabla 10. Composición y contenido de nutrientes de las dietas experimentales de inicio (6 - 32d).....	62
Tabla 11. Tratamientos experimentales.....	63
Tabla 12. Distribución de los animales en el ensayo.....	64
Tabla 13. Graduación de las lesiones hepatopatológicas de las muestras histológicas de hígado de patos Pekín.....	68
Tabla 14. Efecto de los tratamientos sobre el consumo medio diario durante el experimento (g/d) en patos Pekín.....	71
Tabla 15. Efecto de los tratamientos sobre el peso vivo medio durante el experimento (g) en patos Pekín.....	72
Tabla 16. Efectos de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso durante el experimento (g/d) en patos Pekín.....	74



Tabla 17. Efecto de los tratamientos sobre el índice de conversión alimenticia durante el experimento en patos Pekín.	75
Tabla 18. Efecto de los tratamientos sobre los porcentajes de materia seca en heces durante el experimento (%).	77
Tabla 19. Efecto de los tratamientos sobre los porcentajes de mortalidad (%) de los patos hasta los 32 días experimentales.	78
Tabla 20. Grado de lesión histológica de hígados de patos Pekín, que consumieron alimentos contaminados con aflatoxinas durante 6-19 d.	81



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

TLC	Cromatografía en capa fina
Af	Aspergillus flavus
(H°)	Humedad
(3A-T)	Azángaro, Asillo, Azángaro y Tiquillaca
(PPB)	Partes por billón
(Montchack)	Montmorillonita –chacko
(Def.-Na)	Dietas deficientes en Na
(Def.-MT)	Dietas deficientes en minerales traza
(Def.-PB)	Dietas deficientes en proteína bruta
(IgG e IgA)	Inmunoglobulinas G y A
(HSCAS)	Silicatos sódicos alumínico hidratados
(PV)	Peso vivo
(GMD)	La ganancia media diaria de peso
(T°)	Temperatura
(ICA)	Índice de conversión alimenticia
(EEM)	Error Estándar Medio
(CMD)	El consumo medio diario de alimento



RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar el efecto de arcillas en alimentos como secuestrante de aflatoxinas sobre los parámetros productivos y lesiones macro-microscópicas en el hígado de patos Pekín a 3828 msnm, en la FMVZ, en la UNA, Puno - Perú. Se distribuyeron 100 patos recién nacidos en un diseño completo al azar con 5 tratamientos y 5 réplicas por tratamiento. Los tratamientos A y B sin secuestrantes fueron: control - (sin aflatoxinas) y control + (con aflatoxinas); tratamiento C, D y E con secuestrantes (Arcilla 3A-T purificada; Arcilla 3A-T purificada- activada y Myco-Ad) y aflatoxinas. En las raciones experimentales se utilizó maíz contaminado con aflatoxinas, obtenido por siembra del hongo *Aspergillus flavus*. Se controlaron los parámetros productivos (CMD, GMD e ICA) y la mortalidad a los 5, 19, 26 y 32 d. También se determinó las lesiones hepáticas extrayendo al azar un pato de cada réplica a los 19, 26 y 32d. Al final del experimento no se observaron diferencias significativas en los parámetros productivos ($P > 0.05$) entre los tratamientos. No obstante, se observó que el CMD del periodo 6-19d del tratamiento D, tuvo una mayor diferencia aritmética sobre el tratamiento A control (-), (38.71 vs 34.9 g/d; $P > 0.05$ respectivamente). Mientras que la GMD del tratamiento E en el periodo 0-32d tuvo una mayor diferencia aritmética sobre el tratamiento D (19.64 vs 16.16 g/d; $P > 0.05$ respectivamente); y también el control (-) tuvo similar ICA que el tratamiento C en el periodo 0-32d, (2.74 vs 2.74, $P > 0.05$ respectivamente). Sin embargo, hubo evidencia de aflatoxicosis aguda a los 19 d de edad en patitos y en algunos casos se observó lesiones hepáticas macro-microscópicas. En conclusión, se tuvo niveles de aflatoxinas que habitualmente es posible tenerlos de forma natural en el maíz y que no afectaron los parámetros productivos en patitos Pekín.

Palabras clave: Aflatoxinas, materiales arcillosos, micotoxinas, patos.



ABSTRACT

A study was carried out to determine the effect of clays in feed as aflatoxin sequestrant on productive parameters and macro-microscopic lesions in the liver of Pekin ducks at 3828 masl, in the FMVZ, in the UNA, Puno - Peru. 100 newborn ducklings were distributed in a completely randomized design with 5 treatments and 5 replicates per treatment. Treatments A and B without sequestrants were: control - (without aflatoxins) and control + (with aflatoxins); treatment C, D and E with sequestrants (purified Clay 3A-T; Clay 3A-T purified-activated and Myco-Ad) and aflatoxins. Corn contaminated with aflatoxins, obtained by sowing the fungus *Aspergillus flavus*, was used in the experimental rations. The productive parameters (CMD, GMD and ICA) and mortality at 5, 19, 26 and 32 d were controlled. Liver lesions were also determined by randomly removing one duck from each replicate at 19, 26 and 32d. At the end of the experiment, no significant differences were observed in the productive parameters ($P > 0.05$) between the treatments. However, it was observed that the DMC of the period 6-19d of treatment D, had a greater arithmetic difference over treatment A control (-), (38.71 vs 34.9 g/d; $P > 0.05$ respectively). While the ADG of treatment E in the period 0-32d had a greater arithmetic difference over treatment D (19.64 vs 16.16 g/d; $P > 0.05$ respectively); and also the control (-) had similar ICA than treatment C in the period 0-32d, (2.74 vs 2.74, $P > 0.05$ respectively). However, there was evidence of acute aflatoxicosis at 19 d of age in ducklings and in some cases macro-microscopic liver lesions were observed. In conclusion, there were levels of aflatoxins that are usually possible to have naturally in corn and that did not affect the production parameters in Pekin ducklings.

Keywords: Aflatoxins, clay materials, mycotoxins, ducks.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La avicultura peruana, orientada a producción de carne y huevos comerciales, tiene una participación dentro de la estructura del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria y viene destacando como una importante actividad económica convirtiéndose en uno de los más importantes proveedores de proteína animal a nivel nacional y regional (MINAGRI, 2019). En este sentido, la producción de carne de pato ha aumentado a nivel mundial, incrementando en forma directa la demanda de alimentos y materias primas destinadas para la alimentación (FAO, 2013).

Dentro de los aspectos sanitarios relacionados con la alimentación de aves, uno de los problemas recurrentes es la presencia de hongos y micotoxinas en el alimento balanceado. La contaminación del alimento para animales es un grave problema que afecta a los granjeros, a la industria ganadera, a los fabricantes de alimento y a los procesadores de alimento (Channaiah, 2012); consecuentemente, las condiciones del clima en diferentes regiones del Perú contribuyen a la contaminación y crecimiento de hongos en diversos alimentos.

Los hongos tienen una capacidad altamente nociva al desarrollarse en los tejidos vegetales vivos. Estos tienen una gran capacidad invasiva, rápida propagación y daño de los productos almacenados (Channaiah, 2012). Algunos hongos “mohos”, presentan la capacidad genética de producir metabolitos secundarios tóxicos, “micotoxinas”, los cuales provocan intoxicaciones por consumo de alimento contaminado tanto en animales como en el humano (Gimeno & Martins, 2011). Los géneros de mohos *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* son los que generan mayor preocupación sanitaria, tanto por su



alta actividad de producir micotoxinas, como de su presencia en productos alimentarios (Marin et al., 2013); por otra parte, las micotoxinas encontradas con mayor frecuencia en cultivos, alimento y piensos para animales son: aflatoxinas (AFs), ocratoxinas (OTs), fumonisinas (FBs), zearalenona (ZEN) y tricotecenos, donde se incluye el deoxynivalenol y la toxina T – 2 (Pereira et al., 2014);(Yang et al., 2020). La contaminación del alimento con micotoxinas implica grandes pérdidas a nivel económico, comercial y sanitario más aun en la producción de patos Pekín por la mayor susceptibilidad que poseen esta especie a diferencia de las otras especies de aves de producción avícola, afectando negativamente los parámetros productivos.

Las aflatoxinas son contaminantes naturales de las materias primas y de los alimentos para los animales, tienen fuertes efectos hepatotóxicos y cancerígenos y están reguladas por la ley en al menos 100 países (Van edmond et al., 2004). Las aflatoxinas son capaces de provocar efectos hepatopatológicos, suprimiendo la inmunidad y cambios en el peso relativo de los órganos. El daño producido por las aflatoxinas a diversos tejidos, ocasiona disminución del rendimiento productivo de los animales (Mallmann et al., 2007).

Existen varios tipos de aflatoxinas, entre ellas, la aflatoxina B1 (AFB1) la cual se encuentra con mayor frecuencia y es considerada la de mayor toxicidad. Los efectos negativos de las aflatoxinas en la salud animal se han estudiado significativamente, lo que permite resaltar sus efectos en el rendimiento de los animales (Yunus et al., 2011).

Una disminución en la concentración de proteínas plasmáticas totales y en albúmina, destacaron como indicadores relevantes de la alteración en la síntesis de



proteínas observada en la aflatoxicosis (Quezada et al., 2000). Otros estudios han demostrado que el pato es la especie más afectada por la intoxicación aguda por aflatoxinas. La DL50 de un pato de un día es de 0.3 mg/kg de peso corporal, en comparación con 6.3 mg/kg para el pollo (Dhanasekaran et al., 2011).

Diversos métodos se investigaron para controlar y disminuir la exposición de los animales a las aflatoxinas en alimentos contaminados. La inclusión de agentes secuestrantes en los alimentos balanceados es uno de los más utilizados dentro de la producción avícola. Los estudios in vitro utilizados para verificar la capacidad de adsorción de las micotoxinas son muy útiles para una primera selección de los candidatos potenciales. Sin embargo, es difícil asumir con certeza que un producto con una buena eficacia in vitro podría tener un buen desempeño cuando se suministra en el alimento de patos intoxicados. Por lo que, los métodos in vivo son cruciales para evaluar objetivamente la eficiencia de un aditivo.

Investigaciones realizadas por (García et al., 2006) demuestran que la arcilla chacko o ch'áqo de nuestro Altiplano presenta gran capacidad para adsorber (ligar) distintas moléculas orgánicas (poder secuestrante), pudiendo tener grandes expectativas para ser utilizadas como secuestrante de aflatoxinas. Con todos estos antecedentes se planteó los siguientes objetivos:



1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Objetivo general

Determinar el efecto de diferentes materiales arcillosos en el control de la aflatoxicosis inducida en patos Pekín.

1.1.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de la inclusión del 0.5% de arcilla Montchack 3 A-T (purificada vs purificada y activada) y un secuestrante comercial (Myco-AD®), en dietas que contienen aflatoxinas sobre los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia) y mortalidad.

Determinar el efecto de la inclusión del 0.5% de arcilla Montchack 3 A-T (purificada vs purificada y activada) y un secuestrante comercial (Myco-AD®), en dietas que contienen aflatoxinas sobre la presencia de lesiones macro-microscópicas en el hígado de los patos Pekín.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CICLO BIOLÓGICO DEL GÉNERO ASPERGILLUS

El *Aspergillus* se propaga a través del aire, del suelo y por medio de insectos que lo diseminan. Pueden inocular y colonizar los granos en cualquier tiempo desde la fecha de floración hasta la de cosecha; cuando se presentan simultáneamente algunas condiciones como la sequía, el daño de los granos por insectos o condiciones subóptimas de temperatura y humedad en el almacenamiento. Entonces los hongos infectan las semillas o cereales y producen las aflatoxinas (Abarca et al., 1994) (Martínez et al., 2013).

Como se observa en la siguiente figura, la aflatoxicosis tiene su origen en un organismo fitopatógeno que tiene en el suelo su reserva natural y, en consecuencia, se puede proponer que el ataque de aflatoxinas y animales es más bien un “accidente”; en el ciclo biológico o bien es el resultado que el humano y animales ocupe un nicho ecológico propio de los organismos o competidores del hongo; así como de otros que son naturalmente granívoros.

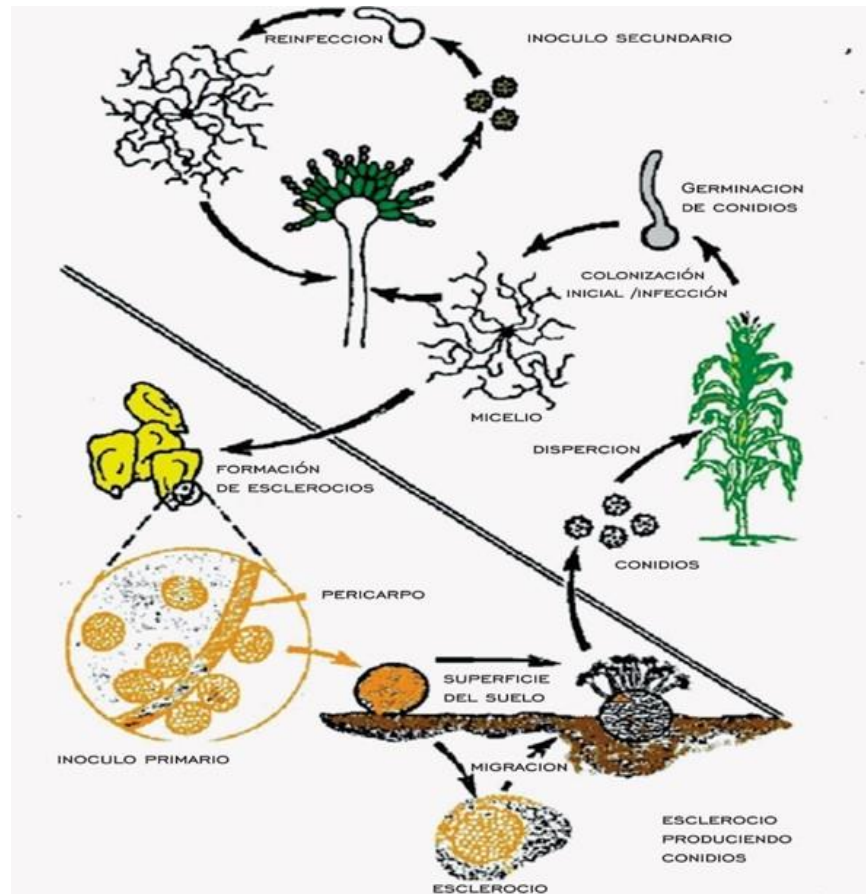


Figura 1. Interrelación entre inóculos primario y secundario en el ciclo de vida del *Aspergillus flavus* (Diener & Davis, 1987).

2.2 MICOTOXINAS

El término micotoxina deriva de las palabras griegas “mykes” (hongos) y “toksicons” (veneno). Las micotoxinas son metabolitos secundarios toxicos producidos por los hongos; que provocan cambios patológicos, tanto en seres humanos como en animales a nivel del tubo digestivo (Amandus, 2008).

Las micotoxinas son producidas por determinados hongos que crecen en los alimentos, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* spp y etc. Hasta el momento se

conocen más de 300 micotoxinas, de las cuales algunas tienen mayores estudios por su mayor amenaza para la salud animal y humana. (IARC, 1993) clasifica las aflatoxinas (B1 y M1) y la ocratoxina (A) como carcinogénicas y la Fumonisina (B1); como posible carcinógeno.

2.3 PRINCIPALES ESPECIES DE HONGOS Y SUS MICOTOXINAS CON ESPECIAL INTERÉS BIOLÓGICO O ECONÓMICO

Las principales especies fúngicas mostradas en la tabla 1; son especies con mayor incidencia en muchos lugares sobre la producción de alimentos tipo agrícolas ya que son la materia prima en la elaboración de alimentos balanceados para la avicultura; provocando intoxicación principalmente por las micotoxinas que producen estos hongos.

Tabla 1. Principales especies productoras de micotoxinas.

Especies Fúngicas	Micotoxinas
<i>Aspergillus flavus</i> (Cepa de campo) y <i>A. parasiticus</i>	Aflatoxinas
<i>Ochraceus</i> , <i>Penicillium viridicatum</i> y <i>P. Cyclopium</i>	Ocratoxinas
<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> y <i>F. poae</i>	Zearalenona
<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> y <i>F. sporotrichioides</i>	Deoxinivalenol, vomitoxina
<i>F. proliferatum</i> , y <i>F. verticillioides</i>	Fumonisinias
<i>F. sporotrichioides</i> y <i>F. poae</i>	T-2 toxina
<i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. graminearum</i> y <i>F. poae</i>	Diacetoxyscirpenol
<i>Acremonium coenophialum</i>	Alcaloides ergóticos

Fuente: D'mello & Macdonald (1997).



2.4 MICOTOXINAS Y MICOTOXICOSIS EN AVES

Las aflatoxinas son producidas principalmente por los hongos del género *Aspergillus* y se consideran un serio problema en lugares de clima húmedo y caluroso; aunque en zonas templadas debe ser considerada cuando los ingredientes son importados de las primeras regiones. La aflatoxina B1 es la más dañina y su efecto en el desempeño de las aves incluye un pobre crecimiento y conversión alimenticia, aumento de la mortalidad, disminución de la producción de huevos, toxicidad embrionaria, problemas de calcificación, pigmentación deficiente y decomisos de canales. Los patos y pavos son más susceptibles a las aflatoxinas que los pollos, gallinas y codornices. Las aflatoxinas son hepatotóxicas, provocando hígado graso y/o friable, a veces hemorrágico o con lesiones necróticas, degeneración de los hepatocitos, hiperplasia de conducto biliar y alteración de las funciones normales del hígado; que se muestra pálido e inflamado. El aumento de la fragilidad capilar con mayor presencia de magulladuras es otro efecto nocivo de las aflatoxinas (Diaz, 2005).

2.5 MICOTOXINAS E INMUNOSUPRESIÓN

A través de los años se ha demostrado consistentemente que el sistema inmune es un blanco importante de las micotoxinas; donde producen un efecto adverso sobre su funcionamiento; presentándose supresión de una o más de sus funciones. Estas fallas en el sistema inmune lógicamente predisponen a los animales a la presencia de enfermedades infecciosas. Los niveles de micotoxinas necesarios para causar inmunosupresión son muy inferiores a los niveles capaces de mostrar síntomas visibles de toxicidad. Las



micotoxinas que más afectan el sistema inmune de las aves son aflatoxinas, ocratoxinas y tricoticeos (Campbell et al., 1983)(Corrier, 1991); (Daftary & Pomeranz, 1965).

El efecto de las aflatoxinas sobre el sistema inmune, parece ser producto de las lesiones a nivel del hígado y de la inhibición de síntesis proteica. Las aflatoxinas pueden interactuar con el ADN y el ARN en los hepatocitos de mamíferos y aves; formando un compuesto llamado AB1-ADN cuando se combinan con el ADN. Se ha demostrado en estudios *in vitro* que la aflatoxina B1 causa una inhibición de la síntesis de ADN, correlacionada con la dosis usada.

Los efectos de las aflatoxinas sobre el sistema inmune pueden presentarse a nivel de la respuesta celular o sobre los factores humorales; explicándose algunos de estos efectos de manera parcial por la atrofia de la bolsa de Fabricio, timo y bazo. Con respecto a la inmunidad celular, se ha demostrado que causan una reducción en la actividad fagocítica de los macrófagos; retardo en la reacción de hipersensibilidad de la piel y una reducción de la producción de linfoblastos. En base a los estudios realizados se considera que la aflatoxina B1 suprime especialmente la respuesta a la inmunidad mediada por células, lo que se demuestra por el bajo peso del timo, órgano correlacionado con la formación de linfocitos tipo (T). Sobre el sistema inmune humoral puede producir una reducción en la producción de inmunoglobulinas (IgG e IgA) presentes en el suero sanguíneo (Doerr et al., 1983).

Para enfatizar la importancia de este efecto sobre el sistema inmune; debemos aclarar que la IgG es el caballo de batalla del sistema inmune de las aves y mamíferos; dado que es el tipo de anticuerpo que se produce en mayores cantidades luego de una



infección (inicialmente se produce IgM). Las aflatoxinas afectan la inmunogénesis sin suprimir por completo la producción de anticuerpos; suprimiendo también la formación de sustancias humorales no específicas relacionadas con el desarrollo de resistencia a los agentes patógenos; como es el caso del interferón.

Los reportes en la literatura demuestran que estas toxinas incrementan el nivel de susceptibilidad a varias enfermedades infecciosas. En pollos de engorde se ha observado que aumentan la sensibilidad y en algunos casos la severidad a varias enfermedades como la coccidiosis causada por *Eimeria tenella*, la enfermedad de Marek, Salmonelosis, Hepatitis por Cuerpos de Inclusión y la Enfermedad de Gumboro (Gimeno & Martins, 2011).

2.6 LAS MICOTOXINAS MÁS COMUNES Y SUS IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

Las micotoxinas que generan impactos negativos sobre la producción animal debido a la contaminación de las materias primas para la elaboración de alimentos; poseen distintos efectos patológicos y letalidad para cada especie animal en común. El cual se explica en la siguiente tabla.

Tabla 2. Resumen de las diferentes micotoxinas y sus efectos tóxicos sobre diferentes especies de animales

Genero	Micotoxina	Granos	Efectos	Especies afectadas
<i>Aspergillus</i>	Aflatoxinas	Maíz, maní, harina de semilla de algon y sorgo.	Tóxico hepático, depresión del sistema inmunológico, hemorragia intestinal y carcinogéna.	Todas las especies incluyendo al humano.
<i>Aspergillus y Penicilium</i>	Ocratoxina	Maíz, cereales y arroz.	Degeneración renal.	Principales aves y cerdos.
<i>Aspergillus y Penicilium</i>	Acido ciclopiazónico	Cereales, maíz y maní.	Tóxico renal y calidad de carcasa.	Aves y cerdos.
<i>Fusarium</i>	Deoxivalenol	Cereales y maíz.	Disminución del apetito, vómitos y problemas neurológicos.	Cerdos y aves.
<i>Fusarium</i>	Toxina T-2	Cereales y semillas (oleaginosas).	Disminución en la producción de huevos y pobre calidad de cáscara.	Aves.
<i>Fusarium</i>	Zearalenona	Maíz, heno y pasto.	Problemas reproductivos.	Cerdos y ovejas.
<i>Fusarium</i>	fumonisina	Maíz y granos.	Problemas neurológicos.	Caballos, cerdos y aves.

Fuente: (Asrani & Rakesh, 2021).

2.7 PRINCIPALES MICOTOXINAS EN AVICULTURA

Según Mallmann et al. (2001) indican que tanto las aflatoxinas como los tricotecenos son las principales micotoxinas que atacan la producción de aves (tabla 3).

Tabla 3. Principales micotoxinas, hongos productores, alimentos más contaminados y condiciones para su aparición en la avicultura

Micotoxina	Hongo que la produce	Alimentos más propensos a la contaminación	Mayores fuentes de contaminación
Aflatoxinas	<i>Aspergillus flavus</i> y <i>A. Parasiticus</i>	Castañas, nueces, maíz, sorgo y cereales en general.	Almacenamiento en condiciones Inadecuadas
Tricotecenos	<i>Fusarium</i>	Maíz y cereales de invierno.	Temperatura fría, alta humedad y problemas de almacenamiento.

Fuente: Mallmann et al. (2001).



2.8 IMPACTO NEGATIVO DE LAS MICOTOXINAS SOBRE LA SALUD Y PRODUCTIVIDAD DE LOS ANIMALES

Los efectos agudos o crónicos de las micotoxinas sobre los animales: dependen de la susceptibilidad de éstos y por supuesto de la especie. Generalmente los animales monogástricos son los más susceptibles a la toxicidad de las micotoxinas. El suministro de dietas contaminadas con micotoxinas causa serios problemas en la mayoría de aves domésticas; provocando reducciones en la productividad y en casos más graves; la muerte. La exposición a altos niveles de toxina puede inducir el bajo consumo de alimento, descenso en la producción de huevos, inducir daños en órganos internos y muerte de los animales; mientras que la exposición crónica afecta la eficiencia alimenticia, deprime el sistema inmune y reduce la eficiencia reproductiva (Martinez & Denli, 2010).

El impacto económico de las micotoxinas en la producción avícola incluye un aumento en los costos de producción, segmentados en parámetros sanitarios, reducción de la producción, disposición final de alimentos y materias primas contaminadas e inversión de investigación y aplicación en métodos que reduzcan la severidad del problema (Martinez & Denli, 2010).

2.9 AFLATOXINAS

Las aflatoxinas son un grupo de hepatocarcinógenos pertenecientes a la familia de las difurano-cumarinas; se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo a su estructura química, la serie 1 difuro-cumaro-ciclo-pentanonas (AFB1, AFB2, AFB2A, AFM1,



AFM2, AFM2A y aflatoxicol) y la serie 2 difuro-cumaro-lactonas (AFG1, AFG2, AFG2A, AFGM1, AFGM2, AFGM2A y AFB3). Las dos principales especies de *Aspergillus* que producen aflatoxinas son: *A. flavus* que produce aflatoxinas B₁ y B₂ *B. parasiticus* que produce aflatoxinas B y G

Sin embargo, las más importantes son B₁, B₂, G₁ y G₂; distinguidos por su color fluorescente bajo la luz ultravioleta (B: “blue”, azul y G: “green”, verde), (Urrego & Díaz, 2006). Las aflatoxinas M₁ y M₂ son respectivamente productos hidroxilados del metabolismo oxidativo de las aflatoxinas B₁ y B₂, estos metabolitos pueden eliminarse en la leche; tanto en humanos como en animales (Urrego & Díaz, 2006). De estos compuestos la Aflatoxina B₁, es la de mayor preocupación ya que es la más tóxica y está asociada con el cáncer de hígado. Afecta a todas las especies animales y la patología se presenta con hígado graso, pálido, descolorido, inflamado y friable (Lara, 2003).

Las aflatoxinas son inodoras, insípidas e incoloras. Químicamente, son estables en los alimentos y resistentes a la degradación bajo procedimientos de cocción normales. Es difícil eliminarlas una vez que se producen (Urrego & Díaz, 2006).

2.10 ESTRUCTURAS DE LAS TOXINAS MÁS PELIGROSAS.

Las estructuras químicas de las cuatro principales toxinas fúngicas más comunes y peligrosas que habitualmente podemos encontrar en distintos alimentos se observan en la figura 2.

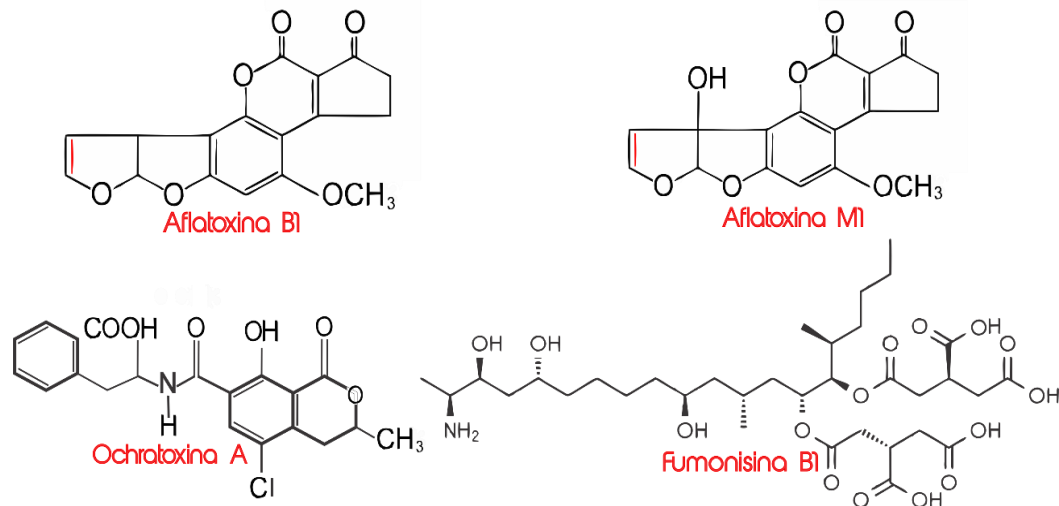


Figura 2. Estructura química de las toxinas fúngicas.

Fuente: La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, 1993).

2.11 NIVELES DE AFLATOXINAS PERMISIBLES EN LOS ALIMENTOS.

La Legislación de la Comunidad Europea; establece las siguientes concentraciones máximas permitidas de AFB1 en alimentos compuestos con un valor de humedad del 12% (Gimeno, 2003):

- Alimentos completos para aves (excepto los animales jóvenes) = 20 ppb.
- Alimentos complementarios para aves (excepto animales jóvenes) = 30 ppb.
- Alimentos completos para aves jóvenes = 10 ppb.

Dejando el criterio de la Legislación Comunitaria a nivel de práctica y observaciones de campo; se pueden establecer las siguientes concentraciones máximas

tolerables para AFB1 en el alimento compuesto destinado a los siguientes animales; Aves jóvenes = 20 ppb y Gallinas ponedoras = 50 ppb (Jones et al., 1994).

Tabla 4. Niveles de actuación propuestos por la FDA para la presencia de aflatoxinas en los alimentos

Niveles Max. (ppb)	Ingredientes	Especies
0,5 (AFM1)	Leche	Humanos
20	Todo excepto leche	Humanos
20	Todos	Todas
Excepciones		
100	Maíz	Vacuno reproductoras, cerdas y ponedoras
200	Maíz	Engorde de cerdos (mayor 45 Kg.)
300	Maíz	Engorde de terneros
300	Semilla de algodón	Todas las especies

Fuente: Departamento de Alimentos y Drogas de EEUU (FDA, 2007).

2.12 TOXICOCINÉTICA

Una vez absorbida las aflatoxinas desde el tracto digestivo, llega al tejido hepático y produce alteraciones fisiológicas e histológicas. Su distribución en el organismo no tiene mayor información; especialmente en lo que concierne a su acumulación de algún tejido en particular. Se habla, que el límite permisible de la suma de aflatoxinas B1, B2, G1 y G2, es 10 mg/Kg ó 5mg/Kg para la AFB1 sola (ALLTECH, 1998).

Las aflatoxinas son probablemente excretadas con rapidez ya que dentro de las 24 horas de haber sido ingeridas; su nivel en el organismo desciende por debajo del límite de detección. Para la eliminación; los riñones juegan un importante papel en el caso de aflatoxina G1. Por lo demás la eliminación vía biliar que está en el orden del 70%; se interpreta como un medio de reabsorción (ALLTECH, 1998).



2.13 SUSCEPTIBILIDAD DE LOS ANIMALES A LAS AFLATOXINAS

En general las aves son más sensibles a las aflatoxinas que los mamíferos. El orden de susceptibilidad en aves es, patos, pavos, pollitos y pollos; y en mamíferos es perros, cerditos, cerdas, terneros, cerdos de engorde, bovinos adultos, ovejas; también los caballos son sensibles (Rodriguez & Oscar, 2001).

2.14 IMPACTO DE LAS AFLATOXINAS SOBRE LA SALUD Y PRODUCTIVIDAD DE LAS AVES

Las toxinas fúngicas son sumamente resistentes, soportan más de 200 °C de temperatura, por eso es común encontrarlas cuando el hongo ya desapareció (Gingins, 2010).

Lesiones Anatomopatológicas: en la forma aguda se observa hemorragias petequiales, gastroenteritis hemorrágicas, necrosis, hemorragias hepáticas, hígado aumentado de tamaño o fibrosis hepática debido a un aumento de la infiltración grasa hepática (Escalona et al., 2005); mientras que en la forma crónica se observa cirrosis, ascitis, hidrotórax y edema de la pared vesicular biliar. Microscópicamente puede observarse hiperplasia en el conducto biliar a los pocos días de la intoxicación. Se indica además una disminución del peso relativo de la bolsa de Fabricio, así como otras alteraciones en páncreas, bazo, etc. (Smith & Hamilton, 1970).

Las aflatoxinas son compuestos extremadamente tóxicos y carcinogénicos, especialmente la B1 que a su vez es la más frecuente y probablemente constituye el agente



cancerígeno más potente que se conoce (su límite de tolerancia en el maíz es 20 ppb). Tienen un tropismo sobre el parénquima hepático en el que ocasionan daño celular al interrumpir la síntesis proteica y bloquear de esta manera la regeneración hepatocelular. Debido a la interrupción enzimática, la oxidación y fosforilación de grasas no se lleva a cabo, dando lugar a una lipidosis hepática y, al mismo tiempo, una reacción de los conductos biliares ante el cuadro tóxico, que se denomina hiperplasia de los conductos biliares.

Como también las aflatoxinas alteran el metabolismo de los minerales y vitaminas, lo que corresponde al Ca y P se interpreta como causal de algunos problemas de patas y de fragilidad ósea, más aún por la relación que existe entre el metabolismo del Ca y el de la vitamina D. También se han reportado interferencias en el metabolismo del Fe y Cu. Por ser sustancias inmunosupresoras potentes, disminuyen la eficiencia fagocítica de las células de la serie blanca y macrófagos, atacando también al timo y a la bursa de Fabricio, con deficiente producción de linfocitos T y B con lo que se incrementa la susceptibilidad de los animales a diversas enfermedades.

Afecta las tasas de síntesis proteica y altera el metabolismo energético (carbohidratos y lípidos) (Kubena et al., 2001); (Rosa et al., 2001). Por lo que interviene diversos sistemas enzimáticos ligados al proceso digestivo y del metabolismo de los nutrientes.

El crecimiento animal está típicamente limitado al nivel de proteínas (Santurio et al., 1999). La pérdida en la ganancia de peso, está determinada por la reducción de las tasas de síntesis proteica y por alteraciones en el metabolismo energético (Kubena et al., 2001); (Rosa et al., 2001).



Se observan palidez de las mucosas y patas, también en pollos y ponedoras que reciben alimento balanceado contaminado con aflatoxinas. Esta pigmentación deficiente parece resultar de la menor absorción, reducción en el transporte y deposición residual de los carotenoides de la dieta, siendo la aflatoxicosis identificada como “síndrome del ave pálida” (Mallmann et al., 2012).

La toxicidad es mucho más severa cuando las dietas son bajas en proteína cruda o en metionina o cuando contiene niveles marginales de riboflavina, ácido fólico o vitamina D3.

2.15 SÍNTOMAS Y ALTERACIONES NUTRICIONALES OBSERVADAS EN CAMPO

En la aflatoxicosis en el campo, una de las características más relevantes es la mala digestión que se manifiesta con la presencia de partículas de ración mal digeridas en las excretas de las aves. Está asociada con esteatorrea o excreción aumentada de lípidos. Esta mala absorción perjudica la conversión alimenticia y, consecuentemente, aumenta el costo de producción. La esteatorrea puede ser severa con el aumento de hasta diez veces el tenor de grasas en la materia fecal, en pollos de carne es acompañada por una disminución en las actividad específica y total de la lipasa pancreática, principal enzima digestiva de las grasas, y por la disminución de las sales biliares, las cuales son necesarias tanto para la digestión como para la absorción de grasas, llevando a esteatosis hepática (Mallmann et al., 2000).



2.16 OTRAS INVESTIGACIONES

Los aluminosilicatos, son arcillas con propiedades estimuladoras del metabolismo permitiendo la obtención de mejores rendimientos. El objetivo del presente experimento, fue evaluar diferentes niveles de un secuestrante de micotoxinas comercial (Biotecap® Biotetox) a base de silicato de aluminio hidratado en dietas para pollos de engorda. Para el presente estudio se utilizaron 90 pollos de la línea Ross 308 Aviagen de 5 días de edad, con un peso promedio de 102.1 ± 10 g, distribuidos en un diseño completamente al azar. Las variables evaluadas fueron: consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, así como variables fisicoquímicas de la canal, las cuales fueron: rendimiento, pH y capacidad de retención de agua de la canal. Los tratamientos fueron los siguientes: T1: Dieta basal (testigo); T2: Dieta basal + 0.35 % del secuestrante; T3: Dieta basal+ 0.50 % del secuestrante. Con los datos obtenidos se realizó un ANOVA mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 2002 y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados mostraron que la inclusión de T2 (0.35 %) y T3 (0.50 %) del secuestrante de micotoxinas presentaron una mejor respuesta productiva ($P \leq 0.05$) en consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia en comparación con el testigo, por el contrario, no hubo respuesta ($P > 0.05$) en las características físico-químicas evaluadas de la canal. Por lo que se concluyó que el T2 y T3 obtuvieron las mejores respuestas productivas.(Carmona & Eutiquio, 2020).

Pollitos de 1 día de vida que fueron alimentados durante 7 semanas con piensos contaminados con concentraciones de AFB1 comprendidas entre 75 y 675 ppb, sufrieron problemas de inhibición del desarrollo con las concentraciones más bajas y muertes con

las concentraciones más altas. Es evidente que en todos los casos, la mortalidad aumentó en consonancia con una mayor concentración de AFB1, pero esta mortalidad decrece entre las 24-33 semanas de vida y alcanza valores más altos entre las 9-24 semanas, incluso para el control, posiblemente los pollos tuvieron algún otro problema que agravó la situación y una vez superado este problema, la edad de los pollos ayudó a resistir algo más los efectos de la AFB1, habiendo una menor mortalidad (Doerr et al., 1983).

Tabla 5. Efecto de la aflatoxina B1 (AFB1) en la mortalidad

Tratamientos	Porcentaje de Mortalidad (0-9 semanas)	Porcentaje de Mortalidad (9 - 24 semanas)	Porcentaje de Mortalidad (24 - 33 semanas)
0 ppb (Control)	7.26	17.77	5,4
308 ppb	8	21.05	3.23
610 ppb	11	31.58	19.23
1834 ppb	47	35.48	25

Fuente: (Doerr et al., 1983).

El efecto de las aflatoxinas fue detectado con mayor amplitud en la fase inicial (1 a 21 días) de crecimiento de los pollos, es decir, cuando las aves ingirieron aflatoxina en los primeros 21 días de vida, el reflejo negativo sobre ganancia de peso fue irreversible hasta el sacrificio a los 42 días de edad (Mariani, 1998).

Concentración de calcio en el suero, las lesiones histológicas fueron una vacuolización de los hepatocitos y una infiltración grasa (Fernandez et al., 1994). Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores (Lanza et al., 1980). Con la edad los pollos son más resistentes a la acción tóxica de las aflatoxinas (Gimeno, 2003).



Contaminaciones con AFB1 de 75 a 800 ppb en alimentos compuestos, suministrados a pollitos de 1 día de vida en periodos de 3 a 10 semanas, provocaron una inhibición del desarrollo con las concentraciones más bajas y lesiones hepáticas graves y muertes con las concentraciones más altas (Doerr et al., 1983).

Pollitos de 1 día de vida al consumir durante 3 semanas un alimento compuesto con 20 % de proteína bruta y con 5000 ppb de AFB1, sufrieron una reducción de peso del orden de 20 % comparado con el control. Sin embargo, cuando la proteína bruta fue aumentada para 30 % con el mismo nivel de contaminación, la reducción de peso fue solo de un 5,4 %. Parece ser que un aumento de la proteína ayudo a reducir esos efectos (Gimeno & Martins, 2015).

La intoxicación con Aflatoxinas y otras micotoxinas ha sido estudiada intensamente a nivel laboratorio donde las dosis son elevadas para poder observar los efectos que en campo se llegan a presentar con niveles bajos de contaminación. La razón de esto se debe a que en las instalaciones pecuarias la intoxicación puede complicarse con otros factores estresantes.

La influencia de ciertas condiciones de estrés no identificadas fue mostrada en un experimento de laboratorio, donde se observó que pollos que consumieron alimento contaminado con 900 ppb de Aflatoxinas no mostraron efectos sobre el peso corporal, mientras que los que consumieron alimento con 75 ppb presentaron una afectación en el peso similar a la producida por el consumo de alimento con 2700 ppb, todo esto bajo las mismas condiciones de experimentación (Doerr et al., 1983).



Se analizaron 4 lotes de animales, 1 lote control y 3 lotes a los que se administró cantidades crecientes de HSCAS, 0.75, 1.4, 2.2 Kg/Tm. A los 42 días se sacrificaron y se obtuvo los siguientes los resultados. El Factor de Eficiencia Europeo de Producción (FEPP) mejoró notablemente a medida que se fue incrementando la dosis de HSCAS. Esta mejora supuso una disminución del gasto en alimentación durante el mismo periodo en estudio, debido a que se obtuvo un menor índice de conversión y un incremento de la ganancia de peso vivo (Gimeno, 2005).

(Kubena et al., 1991) estudiaron la disminución de las aflatoxicosis mediante el empleo de HSCAS en pollos de engorde y comprobó que la presencia de un 5% de HSCAS respecto al total de la dieta previene o reduce de forma significativa el efecto toxico causado por las aflatoxinas.

2.17 ARCILLAS

Modernamente las arcillas se definen como filosilicatos y se clasifican según los minerales que las componen. Las arcillas más comúnmente empleadas en la alimentación animal son las denominadas esmectita, caolín, talco, sepiolita y atapulgita. Las zeolitas no son arcillas, puesto que pertenecen al grupo de los tectosilicatos pero se emplean en alimentación animal (Castaing, 1990). Son aditivos que no destruyen la micotoxina, sino que evitan por fenómenos bioquímicos la absorción de estas toxinas en la luz intestinal, y lógicamente su distribución a través del torrente circulatorio. Estos fenómenos conducen a la quelación de moléculas vía fuerzas electrostáticas o por formación de enlaces covalentes entre la micotoxina y el aditivo (ALLTECH, 1998).



2.18 PROPIEDADES Y USOS DE LA ARCILLA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Las arcillas se utilizan a menudo en la alimentación animal debido a que 1) Aumentan la digestibilidad de los nutrientes por reducir la velocidad de tránsito intestinal, 2) Protegen la mucosa gástrica e intestinal y previenen las diarreas, 3) Mejoran la deposición de proteína corporal e incrementan el peso del albumen del huevo mediante una reducción en la excreción de nitrógeno urinario, 4) Disminuyen la producción de huevos sucios y las emisiones de amoníaco y malos olores al medio ambiente, 5) Mejoran el rendimiento de las prensas granuladoras y la durabilidad de los gránulos debido a sus capacidades fluidificantes, antiapelmazantes, lubricantes y aglomerantes, 6) Mejoran la calidad del gránulo y la liberación de amoníaco, manteniendo la calidad del agua y reduciendo el impacto ambiental en las piscifactorías, 7) Debido a su efecto tampón, reducen la acidosis ruminal en vacunos e incrementan la producción de leche, 8) Por la presencia de una amplia superficie activa, con enlaces no saturados, interaccionan con diversas sustancias, en especial compuestos polares como el agua y las toxinas, 9) Sus capacidades adsorbentes de agua y secuestrantes de toxinas producen heces más secas y disminuyen los efectos nocivos de las toxinas (Castaing, 1990). En cualquier caso, uno de los usos más frecuentes de las arcillas se relaciona con su capacidad para adsorber ciertas micotoxinas (Kubena et al., 1991).

2.19 CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS

Las arcillas se clasifican según su disposición estructural y su composición mineral, todos los filosilicatos tienen estructuras laminares, excepto la sepiolita y la

atapulgita que tienen estructuras pseudolaminares o tubulares. Todos tienen una disposición en tres capas, una capa octaédrica de aluminio (esmectita) y dos capas tetraédricas de silicio, excepto el caolín que tiene solo dos capas, una octaédrica de aluminio y otra tetraédrica de silicio (Castaing, 1990).

Como se puede comprobar, la composición química de cada arcilla es responsable en parte de su conformación estructural. Sin embargo, la estructura dependerá también de la configuración bajo la cual estén organizados los minerales dentro de cada capa, por ejemplo, el talco tiene una capa de magnesio di octaédrica, como consecuencia, la estructura laminar del talco pasa a ser pseudolaminar para la sepiolita, formándose los canales que le confieren su característica estructura porosa y su elevada superficie específica (Castaing, 1990).

Tabla 6. Clasificación de las arcillas

					ZEOLITAS		
					Naturales	Sintéticos	
Dispos. Capas	01:01	02:01		02:01	02:01	Tetraedros	Tetraedros
Especie	Caolinita Si Al	Talco Si Mg	Esmectita Si Al	Sepiolita Si Mg	Atapulgita Si Mg Al	Clinoptilolita Si Al Ca Na K	Zeolita-A Si Al Ca Na

Fuente: (Castaing, 1990).



2.20 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS ARCILLAS

Dichas propiedades derivan de su tamaño de partícula (menor de 2 micras), de su morfología laminar (filosilicatos), de las sustancias isomórficas que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar (Garcia & Suarez, 2008).

Superficie específica; es el área de la superficie externa más el área de la superficie interna de las partículas constituyentes por unidad de masa, expresada en m^2/g , por lo que la arcilla posee una elevada superficie específica, donde la interacción sólido-fluido dependen directamente de esta propiedad (Garcia & Suarez, 2008).

Cuanto mayor sea la superficie específica, mayor cantidad de sustancias podrán ser homogéneamente distribuidas sobre ella. Sin embargo, es esencial que dicha superficie tenga una muy baja actividad química para minimizar las interacciones con sustancias con valor nutritivo o terapéutico y evitar que se produzcan interferencias. Las zeolitas, que a pesar de poder llegar a tener superficies de $1000 m^2/g$, suelen ser productos con altísima C.I.C. (capacidad de intercambio cationico), por lo que tienen una alta probabilidad de interactuar con otras sustancias. Por otro lado, el empleo de las zeolitas presentará ventajas considerables, gracias a su alta C.I.C., cuando se trate de neutralizar el efecto negativo de sustancias tóxicas y anti nutricionales (Castaing, 1990).

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C); propiedad fundamental de las esmectitas. capaz de cambiar fácilmente los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares. Se puede definir como la capacidad de suma de



todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH (Garcia & Suarez, 2008).

Las arcillas con mayor C.I.C. son las esmectitas, también denominadas bentonitas o montmorillonitas. Cuando la carga superficial de una esmectita se compensa con cationes de Ca^{2+} se forman las esmectitas cálcicas (bentonitas cálcicas), mientras que cuando se compensa con cationes Na^+ , se forman las esmectitas sódicas (Castaing, 1990).

Capacidad de adsorción; donde adsorben agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmectitas) o en los canales estructurales (sepiolitas), esta capacidad está relacionado con las características texturales (superficie específica y porosidad). La adsorción de agua por la arcilla es mayor del 100% con respecto al peso (Garcia & Suarez, 2008)

La capacidad de adsorción de agua y de amoníaco de las arcillas es de sobra conocida por todos, sin embargo, los mecanismos de absorción son muy distintos para los distintos productos. En las esmectitas, el agua se retiene por hidratación de los cationes que están compensando la carga superficial y por hinchamiento osmótico. El amoníaco, sin embargo, se retiene principalmente mediante intercambio catiónico del ión amonio (NH_4^+), (Castaing, 1990).

Hidratación e hinchamiento; hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmectitas donde el grado de hidratación está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina. La absorción de agua en el espacio interlaminar provoca la separación de las láminas

dando lugar al hinchamiento, este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión (García & Suárez, 2008).

2.21 PROPIEDADES DIFERENCIALES DE LOS SILICATOS

Los silicatos son arcillas que poseen la capacidad de secuestrar sustancias como toxinas, el cual es de importancia saber sus propiedades diferenciales. En la siguiente tabla se explica sus características.

Tabla 7. Propiedades físico-químicas diferenciales de los silicatos

<i>Silicatos</i>	<i>Arcillas (Filosilicatos)</i>						<i>Tectosilicatos</i>
			<i>Esmectita</i>				
			<i>Ca²⁺</i>	<i>Na⁺</i>			
<i>C.I.C. meq/100 g</i>	10	5	100	200	15-20	50	200-1000
<i>Superficie específica m²/g</i>	20	10	80	100	350	150	40-150
<i>Porosidad</i>	-	-	+	+	+++	++	++++
<i>Propiedades reológicas</i>	-	-	+	++	+++	++	-
<i>Hinchabilidad</i>	-	-	+	++++	-	-	-
<i>Adsorción</i>	-	-	+	++	++	++	-
<i>Absorción</i>	-	-	+	+++	++	++	++++
<i>Retención NH₂</i>	-	-	+	++	+	+	++++

Fuente: (Castaing, 1990).

Las arcillas con mayor C.I.C. son las esmectitas, también denominadas bentonitas o montmorillonitas (Castaing, 1990).



2.22 BENTONITA

Esmectita es el nombre general para este grupo de minerales de la arcilla. En muchos casos se denominan incorrectamente bentonitas, que es el nombre de la roca en Estados Unidos, o bien montmorillonitas, que es el nombre de la roca en Francia (Castaing, 1990).

La bentonita tiene una doble misión: actúa como promotor del crecimiento y como atrapador de toxinas. Esto se debe a que el alimento mezclado con bentonita, debido a su gran capacidad de adsorción, permanece más tiempo en la zona intestinal, la arcilla adsorbe el exceso de agua, y hace que los nutrientes permanezcan más tiempo en el estómago, siendo mayor su rendimiento (mayor producción). Por otro lado, adsorben toxinas no pudiendo éstas, por tanto, atravesar las paredes intestinales. La mayor adsorción de agua de los nutrientes, además, hace que los excrementos sean menos húmedos, así los lechos permanecen más tiempo limpios y se reduce la probabilidad de epidemias y la proliferación de moscas y parásitos.

Las aves que comen este tipo de alimentos excretan un 26 % más de toxinas y absorben un 42 % más de proteínas. Las cantidades que se requieren son pequeñas. Generalmente las concentraciones de bentonita como agente de soporte son del 0,5-5 % y del 1-2 % (Garcia & Suarez, 2008).

(Lindemann et al., 1993) indica que hay disminución de los efectos negativos de aflatoxinas cuando hay bentonita sódica al 0.5 % tal como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Efecto de la bentonita sódica (0.5%) sobre los rendimientos de pollos alimentados con dietas completas a base de maíz, soya y con dietas deficientes en Na (Def.-Na), en minerales traza (Def.-MT) y en proteína bruta (Def.-PB)

<i>Trat</i>	<i>Aumento de peso</i>		<i>Consumo</i>		<i>Índice de conversión</i>	
<i>Dieta</i>	<i>Control</i>	<i>Esmectita-Na</i>	<i>Control</i>	<i>Esmectita-Na</i>	<i>Control</i>	<i>Esmectita-Na</i>
Completa	32.5	33.3	45.1	47.4*	1.39	1.42*
Def.-Na	8.6	10.9	24.2	27.6*	2.81**	2.53
Def.-MT	17.3	17.9	28.2	30.5*	1.67	1.70*
Def.-PB	20.9	20	44.3	45.7	2.12	2.28**
Media	19.82	20.52	35.62	37.8**	2.99	1.98

Fuente: (Lindemann et al., 1993). * $P \geq 0.05$ ** $P \geq 0.01$

En 1992 se empezó a fabricar con bentonitas un innovador producto comestible denominado “Repotentiada Bentonita (RB)” según estudios de “Poultry Research Institute” el aporte de pequeñas cantidades de bentonitas (1%) a la alimentación de aves de corral reporta importantes beneficios: Se incrementa la producción de huevos en un 15%, su tamaño en un 10% y la cáscara se hace más dura (García & Suarez, 2008).

2.23 ARCILLA CHACKO O CH’AQO

El “chacko” (Cha’aqo, ch’aqu, chaco, ch’ako, ch’aquo, chhacco, ch’akko, chachakko, upi) es una variedad de las arcillas de tipo bentonita (Aragon & Benigno, 2002). Mientras que (García et al., 2006) la ha clasificado como esméctica del tipo beidellita.

El “chacko” es comercializado tal como se le obtiene de la naturaleza o moldeado representando variados animales u objetos o como panes elípticos de 6 x 2 cm (Valdizán



& Maldonado, 1992), (Frisancho, 1988). El consumo de la arcilla-chacko por los indígenas se reporta desde el siglo XIX (Malpica, 1970); (Frisancho, 1988).

2.24 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA ARCILLA “CHACKO”

Estudios de chacko de las características físico – químicas de la arcilla realizados en el Dpto. de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de C.C. Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid en España de una muestra procedente del departamento de Puno-Perú. Indican que la arcilla chacko desde el punto de vista mineralógico está compuesta por esmectita de gran pureza, identificándose pequeñas impurezas de cuarzo. La muestra en estado natural presenta un cierto grado de delaminación o desorden. Su fórmula estructural media, es $(\text{Si}_{7,45} \text{Al}_{0,55}) (\text{Al}_{2,54} \text{Fe}^{3+}_{0,92} \text{Mg}_{0,64} \text{Ti}_{0,04}) \text{Ca}_{0,18} \text{K}_{0,19} \text{Na}_{0,13}$. Se trata de una esmectitadioctaédrica ($d_{060} = 1.49 \text{ \AA}$) de carga tetraédrica (beidellita). También se han encontrado, como impurezas, pequeñas cantidades de illita de fórmula $(\text{Si}_{6,77} \text{Al}_{1,23}) (\text{Al}_{2,91} \text{Fe}^{3+}_{0,73} \text{Mg}_{0,46} \text{Ti}_{0,03}) \text{Ca}_{0,08} \text{K}_{1,01} \text{Na}_{0,07}$, de muy baja carga (carga de vermiculita) acompañando a las esmectitas (García et al., 2006).

Desde el punto de vista textural se trata de una arcilla muy homogénea y compacta formada por pequeñas placas de esmectita que constituyen agregados laminares con tamaños medios inferiores a $1 \mu\text{m}$ dispuestas según una textura tipo maíz expansionado. Entre los agregados laminares, se observan ocasionalmente placas de mayor tamaño, que se corresponden con partículas de illita recubiertas de láminas de esmectita. Asimismo, aparecen abundantes restos de caparzones fósiles de diatomeas dispuestos entre las esmectitas. Estos caparzones se encuentran parcialmente disueltos, de forma que



aparecen formando moldes en las esmectitas, y creciendo sobre los restos silíceos en otros casos (García et al., 2006).

El área superficial de la arcilla *chacko* es de 81 m²/g, una superficie externa de 61 m²/g y una superficie de microporos de 20 m²/g. El pequeño tamaño de partícula y la delaminación o desorden en la dirección de apilamiento de las láminas. Es el responsable de la relativamente alta superficie externa que presenta la capacidad de adsorción de distintas moléculas orgánicas (poder secuestrante) en esta arcilla estará relacionada con dos factores: 1) La elevada superficie externa que da lugar a numerosos bordes de partícula con abundantes enlaces rotos que son por tanto centros activos y 2) El gran número de centros ácido tipo Bronsted que posee debido a su elevada carga tetraédrica (García et al., 2006).

2.25 USOS DE LA ARCILLA “CHACKO”

El poblador inca tuvo la idea que el chacko era un producto bueno para curar las úlceras, y aún se dice hoy que es eficaz contra el cáncer. Por ejemplo, en Puno donde hay un alto consumo de chacko, el índice de cáncer es muy bajo (Antunez de mayolo, 1978).

El campesino tiene la impresión que la papa, especialmente la recién cosechada, es agria y picante, y para neutralizar estos efectos se condimenta las papas con una salsa preparada de chacko a la que se le ha adicionado bastante sal; la sal se adiciona a fin de que no fermente (Antunez de mayolo, 1978). Que se extrae de lugares contiguos a los collpares (zonas salinas, muy apreciadas por las alpacas y llamas) (Malpica, 1970); (Frisancho, 1988).



En los usos medicinales que se le dio antiguamente, cuando se mezcla chacko con vinagre o zumo de membrillo quita los dolores de la gota. Tiene acción astringente ya que detiene las hemorragias por gastritis ulcerosas crónicas, como talcos en las excoriaciones entre las piernas de los niños y las personas muy gordas. Los curanderos indígenas la usaron para quitar manchas (acción detergente) y puede suplir la falta de jabón, al levantar espuma, con ella limpian la ropa y se lavan la cabeza, combatiendo de esta forma la piojera (Frisancho, 1988).

Un estudio realizado en el Laboratorio de farmacología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, confirma que el efecto citoprotector del chacko y la regeneración de la mucosa gástrica, se da en pocos días de tratamiento (Pascual & Villanueva, 1993).

2.26 ARCILLAS COMERCIAL

Condition ade (aluminosilicato de calcio sódico hidratado)

La superficie molecular de los aluminosilicatos cuando son saturados con agua dentro del sistema, atrae la estructura atómica polar funcional de la micotoxina y la atrapan en su superficie, esto aísla a la micotoxina del proceso digestivo y por lo tanto previene de entrar en la circulación (Carmona & Eutiquio, 2020). La dosis recomendada por la Corporation of AmericaOil-Dri es de 3 Kg/ton de alimento.

En la Universidad Federal de Santa María de Brasil, se realizó un experimento con 540 pollos de un día de edad de la línea Cobb, en 42 días. En donde se le adicionó el adsorbente Condition Ade 200 HPC (Aluminosilicato de calcio sódico hidratado) en los



niveles de 0.25 y 0.5% a las raciones de los pollos, en la cual se observó una disminución del efecto negativo de las micotoxinas; en términos de consumo de ración, mejoró la ingesta de alimentos, que se refleja en una mejor ganancia de peso de 65 y 105 gramos respectivamente en los lotes mixtos, comparados con el lote testigo. La adición de ConditionAde 200 HPC fue capaz de reducir la mortalidad de las aves intoxicadas, tomando en cuenta que 3 ppm de aflatoxina es una cantidad muy elevada, y mejoró el Índice de Eficiencia Productiva en los lotes de los machos (Mallmann & Dilkin, 2007).

Myco-ad (Arcilla bipolar illita y clorita de grupo Mica no hidratado)

La dosis recomendada por la Special Nutrients Inc., es de 2.5 kg/ton compuesto por Aluminosilicato de calcio y sodio hidratado cuyo mecanismo de acción es adsorber y retener las micotoxinas in vitro e in vivo, a nivel gastrointestinal siendo expulsadas en las heces fecales, disminuyendo o eliminando la toxicidad y permitiendo la mejor adsorción de los nutrientes.

2.27 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN PATOS

En la siguiente tabla observamos los requerimientos nutricionales que necesita el pato, desde su inicio hasta la séptima semana de acabado.



Tabla 9. Requerimientos nutricionales en patos desde el inicio de su crianza hasta su acabado para su beneficio

Nutrientes	Inicio (0 - 2) Semanas	Acabado (2 - 7) Semanas
<i>EM , Kcal/Kg</i>	<i>2900</i>	<i>3000</i>
<i>Proteina bruta</i>	<i>22,00</i>	<i>16,00</i>
<i>Lisina %</i>	<i>0,90</i>	<i>0,65</i>
<i>metionina %</i>	<i>0,40</i>	<i>0,30</i>
<i>Met + Cist %</i>	<i>0,70</i>	<i>0,55</i>

Fuente: Nacional Research Council (NRC, 1994).

2.28 ANTECEDENTES

Efecto de la inclusión de la arcilla 3A-T sobre los parámetros productivos de 400 pollos.

(Mamani et al., 2005) realizo un trabajo para determinar el efecto de la inclusión de la arcilla 3A-T sobre los parámetros productivos de 400 pollos machos de la Línea comercial Cobb-500 de un día de edad, distribuidos en 5 tratamientos (control, 10 ppb de aflatoxina B1 + 40 ppb de ocratoxina A con 0.00, 0.25, 0.50 ó 0.75% de arcilla) con 8 repeticiones y 10 animales alojados conjuntamente por réplica. Todos los animales consumieron raciones isoprotéicas e isocalóricas durante el experimento. Los parámetros productivos como consumo de alimento, peso vivo, conversión alimenticia y mortalidad, no fueron afectados negativamente por el contenido de micotoxinas en el alimento ($P>0.05$), esta ausencia de diferencias se debió principalmente a los bajos niveles de micotoxinas, estos resultados indican que la adición de arcilla chaco en niveles de hasta 0.75 % en la ración no afectan negativamente el rendimiento productivo del pollo de carne. Los resultados sugieren que la arcilla 3A-T puede adicionarse a la ración a los



mismos niveles recomendados para las arcillas comerciales (0.25 a 0.50 %), sin que afecte a los parámetros productivos.

Se determinó también la capacidad secuestrante de la arcilla 3A-T en alimentos contaminados con aflatoxinas y consumidos por pollitos de puesta. 240 pollitos fueron distribuidos en 4 tratamientos (control, 4.0 ppm de aflatoxina A con 0.00, 0.50 ó 1.00 % de arcilla) y 6 réplicas de 10 pollitos cada una por tratamiento. Todos los animales consumieron raciones isoprotéicas e isocalóricas durante el experimento. Los pollitos del tratamiento con aflatoxinas y sin la adición de arcilla presentaron menor rendimiento productivo con incremento en la mortalidad a los 21 d, además las heces fueron más acuosas (figura 4) que los pollitos de los otros tratamientos durante la primera semana de vida ($P<0.05$). También el peso relativo del hígado y las lesiones hepáticas en los conductos hepatobiliares fueron más manifiestos en los pollos que consumieron raciones con aflatoxinas a los 7, 14 y 21 d de edad ($P<0.05$). Respecto a la comparación entre el tratamiento control y los tratamientos con 4.0 ppm de aflatoxina más la inclusión de 0.5 ó 1.0 % de arcilla no hubo diferencias en ninguna de las variables estudiadas. Estos resultados también sugieren que la arcilla 3A-T presenta capacidad secuestrante de aflatoxinas, ya que existe un alivio en el detrimento del rendimiento productivo de los pollitos que consumen alimentos contaminados.

Inclusión de arcilla Montchack 3 A-T (chacko) en el alimento, influencia sobre los parámetros productivos y salud en pollas de la línea Hy line Brown.

Las aflatoxinas producidas por los hongos *Aspergillus flavus* producen problemas en la producción avícola. La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la



inclusión de cuatro arcillas Montchack 3 A-T (Chacko) en el alimento contaminado con aflatoxinas y su influencia sobre los parámetros productivos y mortalidad en pollas de la línea Hy – Line Brown. El trabajo se realizó en la Granja de aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAP. Se utilizaron 180 pollitas distribuidas en seis tratamientos con 5 repeticiones cada uno; Control (C), Control con Aflatoxinas (CA), Aflatoxinas+Acora (AAc), Aflatoxinas+Asillo (AAs), Aflatoxinas+Azángaro (AAz) y Aflatoxinas+Tiquillaca (AT). El alimento fue administrado ad libitum y cada dieta experimental a excepción del grupo control [-] fue contaminada con aflatoxinas producidas en maíz amarillo. El peso vivo (PV), la ganancia media diaria de peso (GMD), el consumo medio diario de alimento (CMD), el índice de conversión alimenticia (ICA) y la mortalidad fueron determinados a los 14, 28 y 42 días. Los resultados indican que las aflatoxinas tuvieron un efecto negativo importante sobre el peso vivo de las pollitas a los 42 días ($P < 0.001$), pero los tratamientos AAs y AT mostraron pesos similares al control [-] (381.2, 379.1 vs 406.4 g; $P > 0.05$, respectivamente). Considerando el periodo de 0 a 42 días, el CMD fue reducido significativamente por efecto de las aflatoxinas ($P < 0.008$) y solo los tratamientos AAz y AT tuvieron similar consumo que el grupo control (-) (24.9, 25.0 vs 26.9 g/d; $P > 0.05$, respectivamente). También la GMD fue reducida por las aflatoxinas ($P < 0.001$), sin embargo, el tratamiento AAs no mostró diferencias con el tratamiento control [-] (8.4 vs 8.9 g/d; $P > 0.05$, respectivamente). Mientras que el ICA de las pollitas no fue afectado por el tratamiento ($P < 0.290$). Finalmente, tanto la materia seca de las heces como la mortalidad de las pollitas no fueron afectadas significativamente por las aflatoxinas. En conclusión, existe efecto positivo de la adición de arcillas Montchack 3A-T sobre los parámetros productivos, materia seca de las heces y mortalidad de las pollitas de la línea Hy Line Brown alimentadas con dietas contaminadas con aflatoxinas (Velasquez & Aranibar, 2017).



Importancia y control preventivo de la aflatoxicosis

Las micotoxinas son producidas en el metabolismo de los hongos y causan importantes problemas en la producción animal, así como pérdidas económicas, sanitarias y comerciales. Se pueden encontrar en las materias primas que consumen los animales, en los productos de los animales (carne, huevos y leche) y por lo tanto ser consumidas por el hombre, constituyéndose de esta forma en un problema de salud pública y de salud animal. La más importante es la aflatoxina, debido a que es absorbida en el intestino y causa lesiones hepáticas, renales y al sistema inmunológico. Las micotoxicosis agudas son raras, sin embargo, las crónicas son más frecuentes y provocan reducción en la eficiencia productiva. Una de las formas de control de la micotoxicosis, es la de adicionar arcillas al alimento contaminado para secuestrar ciertas micotoxinas y debe ser lo más rápido posible, de tal forma que, cuando pasan por el tubo digestivo no sean absorbidas. En el altiplano peruano, existen yacimientos de arcilla 3A-T (Acora, Asillo, Azangaro y Tiquillaca) que pertenece al grupo de las esmectitas y que ha sido consumida por los pobladores andinos con la finalidad de disminuir el sabor amargo de la papa nativa y como medicina popular para el tratamiento de úlceras gástricas y diarreas. Recientemente se han realizado estudios físico-químicos de la arcilla los mismos que indican que se trata de una esmectita de alta pureza y con presencia de enlaces no saturados en su estructura, lo cual hace que tenga mucha afinidad por moléculas polares como el agua y las toxinas. También se realizaron experimentos para demostrar su capacidad secuestrante in vitro y en pollitos que consumen alimentos contaminados con aflatoxinas, observándose resultados satisfactorios. Se concluye que la aflatoxicosis es un problema importante en la avicultura comercial y que la inclusión de 0.05 % de arcilla 3A-T en raciones



contaminadas puede ser una alternativa en el control de la aflatoxicosis avia (M. Aranibar, 2007).

Modelo único en patos para probar la eficacia de secuestrantes de aflatoxinas B1

El modelo desarrollado es específico, rápido, reproducible y se basa en los animales más sensibles a las aflatoxinas: los patos. Este modelo en vivo está mucho más cerca de las condiciones de campo en comparación con un modelo in vitro en un laboratorio. El modelo consiste en administrar diferentes tipos de aditivos a los patos expuestos a aflatoxinas. Los parámetros fisiológicos y zootécnicos de estos patos se comparan con los patos no expuestos a las micotoxinas y los patos expuestos a las micotoxinas sin ningún tratamiento. Los análisis de parámetros fisiológicos específicos permiten la detección de intoxicaciones antes de la medida de los parámetros zootécnicos.

MATERIAL & MÉTODOS.

DIETAS: Dietas contaminadas = dieta base + adición de 50, 125, 250 y 500 ppb de aflatoxina B1 pura sintética.

ANIMALES: Patos Pekín de 240 días de edad fueron alojados en 10 jaulas (2 réplicas de 24 aves para cada dieta) **DURACIÓN:** 21 días.

PARÁMETROS EVALUADOS: La mortalidad, pesos individuales y consumo de alimento por jaula fueron registrados cada semana. Los animales fueron sacrificados a los 21 días de prueba. El peso relativo de sus órganos fue calculado. Parámetros sanguíneos (colesterol, tasa de proteínas plasmática, albúmina) fueron analizados como biomarcadores de intoxicación.



RESULTADOS: el análisis del contenido de AFB1 de las dietas reveló una contaminación de 26, 92, 183 y 367 ppb respectivamente. Una depresión significativa ($p < 0.001$) para el corazón (desde 92 ppb), el bazo (desde 183 ppb), el proventrículo (desde 367 ppb) y la molleja (desde 367 ppb). El peso relativo del hígado no fue afectado significativamente. En cuanto a los parámetros sanguíneos, cambian muy rápidamente debido a la reducción de la función hepática. A los 21 días de prueba, las proteínas plasmáticas totales y la albumina fueron significativamente disminuidas para todas las concentraciones de aflatoxinas.

Se concluyó que los 3 diferentes parámetros plasmáticos son valiosos indicadores para evaluar la posible prevención de los efectos tóxicos de la aflatoxina con el uso de secuestrantes de toxinas. El nivel de proteína plasmática fue conservado como el biomarcador más preciso de intoxicación, debido a que mostró tener el más bajo nivel de variación individual y como tal, fue posteriormente correlacionado con otros parámetros plasmáticos. PT/albumina: $r = 0.98$ y PT/colesterol: $r = 0.9$. El nivel de contaminación de 92 (100 ppb) de aflatoxina B1 fue también validado como referencia para un control positivo (contaminado). Este nivel de contaminación permite observar el efecto fisiológico (tasa de proteína plasmática) pero también el efecto zootécnico en el rendimiento de los animales, cuando una dosis más baja provocaría solo efectos fisiológicos en un período de corto plazo. Si bien esta contaminación puede ser considerada como baja, comparada con niveles probados en algunos estudios en vivo y con niveles encontrados en algunas ocasiones en materias primas naturalmente contaminadas, esta dosis fue elegida como el mejor compromiso entre la economía y la



sensibilidad del modelo. Finalmente, 10 días de exposición fueron estimados como el tiempo suficiente para observar efectos de aflatoxina (NUTRINEWS A, 2019).

Cuantificación de hongos y micotoxinas en alimento balanceado provenientes de establecimientos avícolas de la provincia de coronel Portillo, Ucayali

Se realizó la cuantificación de hongos y micotoxinas en alimento balanceado provenientes de establecimientos avícolas de la provincia de coronel Portillo, región Ucayali. Se obtuvieron muestras de alimento balanceado de 40 establecimientos (granjas) avícolas ubicados en los distritos de Campo Verde, Calleria, Yarinacocha y Manantay. El procesamiento se realizó mediante el conteo en placa para mohos y levaduras en alimento y el método de ELISA competitiva para la detección cuantitativa de micotoxinas más frecuentes y perjudiciales en alimento balanceado reportadas en la crianza avícola (aflatoxina B1, ocratoxina A, toxina T-2/HT-2, fumonisina B1 y zearalenona). En la cuantificación de hongos, el 25% (10/40) de establecimientos tuvieron alimento con calidad insatisfactoria, la mayor cantidad de muestras inaceptables procedió de Campo Verde [40% (4/10)], y de las etapas de postura (2/4, 50%) e inicio (4/12, 33.3%), igualmente con promedios más altos en la cuantificación; [1.68×10^5 , ($5.8 \times 10^4 - 4.2 \times 10^5$)] para inicio, y [9.15×10^4 , ($1.15 \times 10^4 - 2.8 \times 10^5$)] para postura. En el análisis de micotoxinas, el 60% (24/40) de las muestras de alimento tuvieron concentraciones de aflatoxina B1 por encima a los límites máximos permisibles (LMP), de las cuales el mayor porcentaje se encontró en el distrito de Yarinacocha 75% (9/12) y en la etapa de postura [100% (4/4)]; además, el promedio total y rango de aflatoxinas en el total de las muestras fue de 34.25 ppb (ND - 124.6). Por otra parte, se encontraron escasas cantidades o no se encontraron niveles por encima a los LMP de las demás micotoxinas. Los resultados



evidencian una contaminación moderada por hongos y elevada por aflatoxina B1 en el alimento balanceado para la crianza de aves, contaminación que estuvo extendida en la provincia de Coronel Portillo, Ucayali (Guevara, 2021).

2.29 MÉTODOS DE DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS

En los primeros años que siguieron al descubrimiento de las aflatoxinas el hombre tuvo interés en los métodos rápidos que le permitiera inspeccionar en corto tiempo un gran volumen de granos. Fue así como se publicó el uso de la lámpara ultra violeta para detectar la fluorescencia. Luego surge la utilización de los anticuerpos monoclonales para la detección rápida de aflatoxinas, en lotes sospechosos que posteriormente podrán ser sometidos al análisis cuantitativo. La cromatografía en capa delgada (TLC) se toma como una herramienta valiosa en el análisis semi cuantitativo, adoptándose como métodos oficiales, establecido por la Association of Analytical Chemist hasta llegar hoy en día a métodos más sofisticados como la Cromatografía de Alta Precisión (HPLC) y la Reacción en Cadena de Polimerasas (PCR).

2.30 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

2.30.1 Consumo de alimento

Es la cantidad de alimento que ingiere las aves por unidad de tiempo (Shimada, 2013).



2.30.2 Ganancia media diaria del peso vivo

Es la variable que se usa para medir el crecimiento desde el nacimiento hasta el día de beneficio del animal, se determina por: el peso vivo ganado en cada periodo de tiempo (semanal) y la edad (número de días de crianza) que demoran las pollas BBS para alcanzar un peso vivo (Ploog, 1994).

2.30.3 Índice de Conversión Alimenticia

Se define como consumo de alimento promedio diario (Kg) entre la ganancia de peso vivo promedio diario (Kg) en animales (Shimada, 1984).

$$C. A. = \frac{ALIMENTO CONSUMIDO PROMEDIO DIARIO Kg}{GANANCIA PROMEDIO DE P.V. DIARIO Kg}$$

2.30.4 Porcentaje de materia seca en heces

Se define como la cantidad porcentual a la masa fecal de secadas a 105 grados centígrados en sus rejillas de recolección.

$$\% MS = \frac{RESIDUO DE LA DESECACION}{PESO DE LA MUESTRA} \times 100$$

2.31 MORTALIDAD

Se expresa en porcentajes y se calcula dividiendo el número de aves muertas entre el número de aves iniciadas, y se multiplica por 100 (GRUPO LATINO, 2006), esta no debe exceder el 5% del total de la población.



$$\% \text{ MORTALIDAD} = \frac{N^{\circ} \text{ DE AVES MUERTAS}}{N^{\circ} \text{ DE TOTAL DE AVES}} \times 100$$

2.32 LESIONES HEPÁTICAS

Los patos Pekín son 200 veces más sensibles a las aflatoxinas que los pollos de engorde. La razón de esta sensibilidad radica en el hígado: en patos, las enzimas hepáticas responsables de la bioactivación de las aflatoxinas son más activas, mientras que las enzimas hepáticas responsables de la detoxificación y eliminación de las aflatoxinas funcionan más lentamente que en pollo (PLUSVET ANIMAL HEALTH, 2017).

Las hepatotoxinas producen degeneración grasa, hemorragia y necrosis del parénquima hepático. En algunos casos hay tamaño anormal del hepatocito y su núcleo (megalocitosis: pérdida de la relación tamaño del citoplasma-tamaño del núcleo). Hiperplasia de conductos biliares puede ocurrir en algunas micotoxicosis y pueden inducir al hepatoma (Perusia & Rodriguez, 2017)(Araníbar, 2007).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MEDIO EXPERIMENTAL

El estudio experimental se ejecutó en los laboratorios de nutricional animal, microbiología e inmunología, patología animal y bioterio (área de ensayos experimentales) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en la Universidad Nacional del Altiplano, que se encuentra ubicado en la ciudad de Puno a 3824 m.s.n.m y coordenadas UTM 8248773; 19L 390597 (SENAMHI, 2021).

El ensayo experimental en patos finalmente se realizó en el bioterio donde consta con luz y termorregulación automática (Controlador StarAgri, Holanda), calefactor ventilador acondicionado con el fin de alcanzar el calor requerido por los patos Pekín. La sala de cría tiene una dimensión de 14.2m² (4.3m/3.3m); con 25 jaulas para metabolismo por dos baterías con bebederos automáticos tipo niple y comederos tipo canaletas individuales para cada jaula. Así mismo, en la parte inferior las jaulas cuentan con una bandeja de aluminio colectora de heces. Las instalaciones cuentan con cortinas de polietileno oscuras.

3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1 Los animales

Se utilizaron 100 patos de raza Pekín sin sexar de un día de edad de una granja comercial de la ciudad de Lima, estos fueron trasladados vía aérea hasta la ciudad de Juliaca y posteriormente hasta el Bioterio de la Facultad de Medicina Veterinaria y



Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Donde fueron pesados y distribuidos al azar dentro de 25 jaulas, a razón de 4 aves por jaula. Las aves durante el periodo de estudio, permanecieron con agua y alimento *ad libitum*. Se evaluó semanalmente el consumo de alimento, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia.

3.2.2 Aflatoxinas

Se obtuvieron desde una muestra de maíz contaminado con aflatoxinas del laboratorio de nutrición animal de la fmvz de UNA-Puno, posteriormente fue identificado en el laboratorio de Microbiología, fmvz, UNA- Puno, mediante siembra como *Aspergillus flavus*, por aislamiento en placa y replicada; siguiendo el siguiente procedimiento:

Pasos para la producción de aflatoxinas mediante la siembra de *Aspergillus flavus*:

Para la preparación del medio de cultivo, en una fiola de 1 lt se colocó 17.5 g de Agar Sabouraud glucosado y 250 ml de agua destilada y luego se reposo por 5 min.

En una hornilla eléctrica se colocó la fiola agitándola constantemente para disolver el agar a 118 a 121 °C por 3 minutos. Se selló la fiola con papel craft y se llevó a la autoclave a 121 °C por 15 minutos a 18 lb de presión, para su esterilización.

Se agregó 15 ml del medio de cultivo estéril a cada placa y se dejó enfriar.

Aparte en un tubo de ensayo estéril se llenó 3 /4 partes con suero fisiológico y se agregó una pequeña porción de la muestra de maíz contaminada, luego se tapó bien el tubo de ensayo, para agitarlo y se dejó sedimentar por 10 minutos y se reservó.



Cerca de un mechero con una mano cogimos la placa Petri con el medio de cultivo y con la otra mano el hisopo microbiológico estéril, que se sumergió solo el asa en el sobrenadante del tubo de ensayo reservado, se colocó el asa dentro la placa y movimos por encima del medio del cultivo en zigzag con el asa, luego, se flameo el asa y se tocó en la región donde se hizo las últimas estrías y se continuo la siembra con la misma técnica, en la superficie de medio sin sembrar aún.

Se encubaron en 7 placas sembradas por 3 a 5 días.

3.2.3 Maíz contaminado para las dietas experimentales

Se obtuvo el maíz aparentemente normal en buen estado en el mercado local, el cual se tamizo (separar granos contaminados partidos y contaminados). El maíz entero con 10 % de humedad (contenido normal de humedad del maíz secado al ambiente) fue colocado en bolsas de plástico N° 2, de la siguiente forma: Por cada 250 gramos de maíz se adiciono 52.5 ml de agua, para alcanzar una humedad de 40 % en el maíz entero (Modificado de (Dilkin et al., 2002)). Las bolsas fueron colocadas en la autoclave a 115 °C durante 15 minutos, en este proceso se destruyó cualquier contaminación y se logró aumentar la humedad del maíz entero.

Para el presente estudio solo se utilizó una placa con el medio de cultivo del *Aspergillus flavus*, de un color gris con abundante espora, fueron homogenizados con 350 ml de agua destilada, seguidamente 5 ml de homogenizado fue inoculado a cada bolsa de maíz entero conteniendo aproximadamente 40 % de humedad; luego las bolsas fueron colocadas en una caja de madera cerrado con una temperatura ambiente de 10 °C a 18°C, con baja luminosidad por un tiempo requerido de 12 días, hasta que se observó un completo desarrollo de los *Aspergillus flavus* y sus aflatoxinas, luego fueron colocadas



en el autoclave a 115 °C por 5 minutos. Dejamos enfriar y secar al ambiente libre durante 72 horas, y luego se recogió el maíz contaminado con aflatoxinas y luego se trituro con la ayuda de un molidor de café. Con este maíz se elaboraron las dietas experimentales para 4 tratamientos en patitos Pekín.

3.2.4 Protocolo para purificación y activación de arcilla Monchacck 3 A-T (modificado de Aranibar H. (2011):

- a. Se obtuvo la arcilla natural de un yacimiento y se purificó mediante sedimentación en agua a fin de separar a la montmorillonita de impurezas y otros minerales como illita y cuarzo.
- b. El sobrenadante con arcilla pura fue centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos y la arcilla quedó al fondo del tubo y se eliminó el agua clara.
- c. la arcilla fue secada, molida y pasada por una malla N° 100, obteniéndose una textura fina.
- d. En un balón de pírax de 2 lt, se colocó la arcilla fina y la solución de ácido clorhídrico 2N (5ml/g), luego se calentó el balón con una hornilla eléctrica (con regulador de temperatura), alcanzando temperaturas cercanas a la ebullición (85- 90 °C) durante 2 horas. Todo este sistema de activación fue realizado dentro de una campana (los vapores de ácido clorhídrico son altamente tóxicos para las vías respiratorias).
- e. Terminado la activación, se colocó el balón en reposo (se esperó a que la arcilla sedimente) y se retiró el sobrenadante ácido.
- f. Se lavó la arcilla con agua destilada o des ionizada, mínimo en una proporción de 1 a 5 (por cada gramo de arcilla se colocó 5 ml de agua).



- g. Después de la 4ta lavada, se usó el papel de lectura de pH, para ver el pH de la solución de lavado. El pH ya no cambio a la cuarta lavada y se retiró el ácido de la arcilla.
- h. Los procesos de lavado se realizaron rápidamente con la ayuda de una centrifuga grande de arcilla. luego se retiró la arcilla húmeda para el secado.
- i. Finalmente se molió manualmente con un molino marca corona para su utilización en las dietas.

3.3 DIETAS EXPERIMENTALES

Antes de Los iniciar con las dietas experimentales, se alimentó a los patos con dietas balanceadas de pollos de engorde durante el periodo de estandarización (0-5d) para luego recibir las dietas experimentales para el periodo de estudio (6-32d), que fueron formuladas y elaboradas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – UNAP.

Las dietas experimentadas fueron formuladas y elaboradas en el laboratorio de nutrición animal de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia - UNAP. Para la formulación de las dietas se utilizó la tabla de composición de alimentos NRC 1998 y el programa de balanceo de raciones a un mínimo costo (AEZO, 1998). Una vez obtenido el balanceo de ración se procedió con la adquisición de las materias primas para su preparación. Al contar con todos los insumos correspondientes estos fueron pesados en una balanza digital de 100 ± 0.1 kg, y se procedió a realizar el mezclado de todas las materias primas para luego pasarlo en una mezcladora. En la tabla 10 las dietas que se utilizaron fueron dos controles, uno negativo y otro positivo y paralelamente 3 dietas

contaminadas con la misma aflatoxina y 3 tipos de arcilla distintas, entre las cuales se obtuvo dos variedades de arcilla Monchack 3 A-T, en su forma purificada vs purificada - activada y una arcilla comercial llamada Myco-AD®. Con la finalidad de que las dietas experimentales sean isocalóricas e isoprotéicas se adicionó Celite® como material inerte para los controles experimentales para sustituir a las arcillas secuestrantes en las raciones.

Tabla 10. Composición y contenido de nutrientes de las dietas experimentales de inicio (6 - 32d)

Ingredientes	TRATAMIENTOS (%)				
	A	B	C	D	E
	Control -	Control +	Arcilla 3 A-T (Purificada)	Arcilla 3A-T (Purificada -activada)	MYCO-AD®
Maiz amarillo	57.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Maiz amarillo + aflatoxinas	0.00	57.63	57.63	57.63	57.63
Soya intral	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04
Soya afrecho	22.15	22.15	22.15	22.15	22.15
Polvillo de arroz	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Harina de pescado	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Carbonato de Ca (piedra caliza)	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
Premezcla (vitaminas + minerales):	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sal comun	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Arcilla secuestrante	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50
Ceniza insoluble (celite®)	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
Fosfato mono-bicalcico (Montafos®)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
DL-metionina	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Contenido de nutrientes:					
EMA, Mcal/kg	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Proteína bruta	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Fibra cruda, % max	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
lys, %	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Met, %	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Cis, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Try, %	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

Arg,%	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
tre,%	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa de balanceo de raciones a mínimo costo (AEZO, 1998).

Para el periodo de experimentación (6-32), se formuló el alimento experimental para cada tratamiento de la siguiente forma: tratamiento A (control -), alimento sin aflatoxinas y celite (0.5%); tratamiento B (control +), alimento con aflatoxinas y celite (0.5%); tratamiento C, D, E; alimentos con aflatoxinas (0.5%) y secuestrantes respectivos (0.5%). Los cinco tratamientos de experimentación se constituyeron, según las especificaciones mostradas en la tabla 11.

Tabla 11. Tratamientos experimentales

Tratamientos	Inclusion de arcilla	N° de animales
A. Control negativo (maiz sin aflatoxinas)	<i>Ninguna</i>	20
B. Control positivo (maiz con aflatoxinas)	<i>Ninguna</i>	20
C. Maiz con aflatoxinas	<i>Arcilla 3 A-T, (purificada)</i>	20
D. Maiz con aflatoxinas	<i>Arcilla 3 A-T. (purificada y activada)</i>	20
E. Maiz con aflatoxinas	<i>Arcilla Myco AD ®</i>	20
Total		100

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Al inicio de la experimentación se distribuyeron a los patos en un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (2 controles y 3 grupos de prueba), con 5 réplicas por tratamiento y 4 patos por replica alojados en cada jaula, con un total de 25 jaulas como se muestra en la tabla 12.

El tamaño de muestra ha se determinó mediante la información bibliográfica disponible, considerando que 4 patos en una jaula representan una réplica.

Tabla 12. Distribución de los animales en el ensayo

25 Jaulas	<i>Replicas</i>					<i>Patos por Tratamiento</i>	
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>		
<i>Tratamientos</i>	<i>A</i>	4	4	4	4	4	20
	<i>B</i>	4	4	4	4	4	20
	<i>C</i>	4	4	4	4	4	20
	<i>D</i>	4	4	4	4	4	20
	<i>E</i>	4	4	4	4	4	20
<i>Total de patos</i>							100

3.5 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.5.1 Temperatura del ambiente de la sala de cría.

La temperatura de la sala de cría fue proporcionada por dos calefactores eléctricos, el cual fueron controlados automáticamente por un sensor conectado al equipo StarAgri. Holanda que se programó en el periodo de 0-32d a 32° C y se redujo progresivamente a 3°C por semana hasta alcanzar 20°C a los 32 días de edad. La ventilación era manual hasta por 4 veces al día por la apertura de la puerta; se mantuvo un programa de luz durante el día y por las noches sin luz.

3.5.2 Suministro de alimento.

Desde el inicio hasta los 32d se suministró alimento ad libitum en forma de harina en sus respectivos comederos tipo canaleta, manteniendo siempre con alimento los comederos, cada jaula poseía su propio balde el cual los alimentos eran pesados mediante una balanza digital.



Primero fueron estandarizados de 1-5 días de edad con una dieta única balanceada de un concentrado comercial para los 5 tratamientos, luego se les suministraron las dietas experimentales desde 6 – 32 días de edad.

3.5.3 Toma de muestra del alimento contaminado para la determinación de aflatoxinas mediante la prueba de Cromatografía en Capa fina (TLC).

Se procedió a la toma de muestra del alimento contaminado; la cantidad de 300 g en una bolsa de papel kraft con respectivo rotulado y se envió a un laboratorio comercial BiosLab para la determinación del análisis cuantitativo aflatoxinas.

3.5.4 Control de pesos.

Para el control de pesos se utilizó una balanza digital con una sensibilidad de 0.1 gramos. Los pesos tomados eran por un total de 4 patos por replica o jaula, el peso vivo fue controlado de 0, 6, 19, 26 y 32d.

3.5.5 Sacrificios de los animales.

Los animales para el sacrificio fueron seleccionados al azar, uno por cada jaula y pesados respectivamente; siendo sacrificados por la técnica de aturdimiento y degollé a los 19, 26 y 32d; en una cantidad de 25 patos por cada fecha programada respectivamente a los días ya mencionados, con una cantidad final de 75 sacrificios hasta los 32 d.

Posteriormente a las necropsias se realizó la toma de muestra del órgano de hígado para su descripción macroscópica y microscópicamente por lectura en placa histopatológica.



3.5.6 Sanidad.

Se mantuvo restringida la visita a la sala de cría de experimentación de personas extrañas, con la finalidad de evitar la transmisión y brote de enfermedades. Se utilizó cal en polvo en bandeja en la puerta de ingreso. Se realizó la necropsia respectiva a todos los animales muertos para determinar la causa de muerte durante el periodo de estudio de 0-32 d.

3.6 VARIABLES DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

3.6.1 Consumo de Alimento.

El consumo de alimento se registró de forma diaria y semanal con la ayuda de un registro que fue de elaboración propia, esto para el control sobre el consumo de alimento de los patos.

3.6.2 Ganancia de peso vivo.

La ganancia de peso vivo se determinó tomando los pesos vivos ganados en cada periodo de tiempo (1-5 d; 6-19 d; 20-26 d y 27-32 d) del 100% de los patos por jaula, de cada fecha de los 5 controles y la edad (número de días de crianza) que demora el pato para alcanzar el peso vivo.

3.6.3 Índice de Conversión Alimenticia (IC).

Se determinó a través de la relación que existe entre el alimento consumido y el peso vivo en los cuatro controles de: 6, 19, 26 y 32 d. El índice de conversión alimenticia se determinó mediante la siguiente formula.



$$IC = \frac{\text{Alimento consumido Kg.}}{\text{Ganancia de peso vivo Kg.}}$$

3.6.4 Porcentaje de Mortalidad

El porcentaje de mortalidad se determinó para cada uno de los periodos y la posible causa de muerte a través de la necropsia correspondiente los resultados de la mortalidad se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{N^{\circ} \text{ de animales muertos}}{N^{\circ} \text{ total de animales}} * 100$$

3.6.5 Porcentaje de materia seca en heces (% MS).

El porcentaje de materia seca de las heces se determinó a los 11; 16; 26 y 32 del cual fueron recolectadas en bandejas de metal, colocadas debajo de las rejillas de los pisos para cada jaula, secadas en horno a 70°C por 24hrs y pesadas en una balanza digital para luego hallar su porcentaje mediante la siguiente formula.

$$\% MS = \frac{\text{Residuo de la desecación}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

3.6.6 Lesiones hepáticas.

Se tomaron muestras de 30 hígados del lado derecho en el primer periodo de experimentación 6-19d, los cuales 5 muestras de hígado fueron tomadas de los patos muertos fortuitamente entre los 2d - 12d y las restantes 25 muestras de hígado fueron obtenidas de los primeros sacrificios programadas al 19d en sus respectivas necropsias, el cual fue el único periodo que presentaron mortalidad y evidencia patológica a la

inspección macroscópica. De la misma manera se llevó a cabo los sacrificios de las aves programadas a los 26d y 32d para sus respectivas necropsias, dentro de toda la etapa de experimentación.

las muestras fueron descritas macroscópicamente ante las necropsias y procesadas en láminas histológicas en el laboratorio de patología de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (U.N.A - Puno). Y posteriormente fueron descritas histopatológicamente en el laboratorio de patología Aviar de la facultad de Medicina Veterinaria (U.N.M.S.M- Lima) y clasificadas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 13. Graduación de las lesiones hepatopatologicas de las muestras histológicas de hígado de patos Pekín

Grado	Descripción de la lesión
I Leve (+)	<i>Degeneración de hepatocitos</i>
	<i>Incipiente proliferación de conductos biliares.</i>
	<i>Pletorizacion de vasos sanguíneos</i>
II Leve a moderada (++)	<i>Degeneración de hepatocitos</i>
	<i>Degeneración grasa</i>
	<i>Proliferación de conductos biliares</i>
	<i>Degeneración de hepatocitos</i>
III Moderada a severa (+++)	<i>Necrosis de hepatocitos.</i>
	<i>Proliferación de conductos biliares</i>
	<i>Infiltración de polimorfonucleares, mononucleares y heterofilos</i>
IV Severa (++++)	<i>Degeneración de hepatocitos</i>
	<i>infiltración intersticial de sustancia acidofila</i>
	<i>Proliferación de conductos biliares</i>



3.7 DISEÑO ESTADÍSTICO

En el análisis de los datos obtenidos se determinó el efecto de las variables independientes (5 diferentes raciones) sobre las variables dependientes (consumo de alimento, peso vivo, conversión alimenticia, mortalidad, porcentaje de materia seca en heces y lesiones hepáticas). Los 100 patitos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos y 5 réplicas por tratamiento, considerando 4 patitos por replica, cuyo modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ (tratamientos)

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ (replicas)

Dónde:

Y_{ij} = Observación

μ = Media poblacional

T_i = Efecto de i -esimo tratamiento

ε_{ij} = Efecto de Error experimental

Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM de SAS V. 9.00 para diseños completamente al azar y se utilizó la prueba LS Means para la diferenciación de medias.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LAS AFLATOXINAS EN EL ALIMENTO CONTAMINADO MEDIANTE LA PRUEBA DE CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA (TLC)

El análisis cuantitativo de aflatoxinas de la dieta experimental contaminada, fue determinada mediante la prueba de cromatografía en capa fina (TLC) obteniéndose 10 ppb de concentración de aflatoxina B1. Es decir que los niveles encontrados en el análisis de la muestra de alimento, resultan ser los máximos permitidos según la legislación de la Unión Europea en las dietas para patos (Gimeno, 2009).

En el Perú el límite máximo tolerable para los alimentos de consumo humano es de 10 ppb según el Codex Alimentarius, pues no hay normas alimentarias en nuestro país. La Federación de Administración de Alimentos y Drogas (FDA) de EUA establece que el límite máximo permitido en los alimentos y productos de consumo humano es de 20 ppb. Mientras que la FAO/OMS señala que la reglamentación venezolana, para micotoxinas en maíz y sus derivados, admite concentraciones de aflatoxinas B1, B2 y G de hasta 20 ppb; no obstante, siendo estos valores permitidos similares a los aceptados en otras regiones, como EUA. y otros países latinoamericanos y europeos, en donde indican permitir valores desde 1 hasta 20 ppb para alimento destinado a personas y rangos desde 20 a 300 ppb para animales.

Por lo tanto, las concentraciones obtenidas en los alimentos experimentales son relativamente bajas como para observar cuadros sintomáticos de aflatoxicosis en patos Pekín.

4.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

4.2.1 Consumo de alimento.

El consumo de los alimentos experimentales que tenían inclusión de diferentes arcillas a los cuales fueron sometidos los patitos, se detalla en la tabla 14.

Tabla 14. Efecto de los tratamientos sobre el consumo medio diario durante el experimento (g/d) en patos Pekín

Tratamiento	Edad, días				
	0-5	6-19	20-26	27-32	0-32
A. Control + (alimento sin aflatoxinas)	20.01	37.99	63.02	97.93	51.89
B. Control - (alimento con aflatoxinas)	18.15	34.9	68.24	92.52	50.38
C. Alimento con aflatoxinas + 3A-T (Purificada)	18.14	34.56	60.75	69.38	44.25
D. Alimento con aflatoxinas +3A-T (Purificado y Activada)	18.76	38.71	55.59	84.67	47.9
E. Alimento con aflatoxinas+Myco-ad	18.23	37.98	57.9	79.02	46.95
EEM (n=5)	0.57	2.39	7.45	11.33	3.561
Probabilidad	0.15	0.63	0.79	0.44	0.6

EEM = error estándar de media

Observamos que en el periodo estandarización de 0-5 días todas las aves consumieron la similar cantidad de alimento debido a que era una misma ración no existiendo diferencias significativas ($P > 0.05$). Sin embargo, en el periodo experimental de 6-19 d a pesar que los animales consumieron alimentos con aflatoxinas no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) hasta los 32 d de edad.

La ausencia de diferencias se debe principalmente a los bajos niveles de aflatoxinas en los alimentos experimentales (10 ppb). Una disminución en el consumo es dependiente del nivel de micotoxinas del alimento. Investigaciones realizadas concluyen que con 3 ppm de aflatoxina B1 en el alimento se observa una reducción significativa en el consumo de alimento (Escalona et al., 2005; Mallmann et al., 2000).

4.2.2 Peso vivo

Los pesos vivos de los patitos durante los cinco controles realizados, se detallan en la tabla 15.

Tabla 15. Efecto de los tratamientos sobre el peso vivo medio durante el experimento (g) en patos Pekín

Tratamiento	Edad, días				
	0	5	19	26	32
A. Control + (alimento sin aflatoxinas)	49.4	121.3	368.68	527.72	732.9
B. Control - (alimento con aflatoxinas)	49.2	113.25	340.86	493.66	638.3
C. Alimento con aflatoxinas + 3A-T (Purificada)	49	115.65	348.7	470.03	566.2
D. Alimento con aflatoxinas +3A-T (Purificado y Activada)	48.45	121.2	356.99	510.94	677
E. Alimento con aflatoxinas+Myco-ad	49.4	113.4	373.87	533.84	646
EEM(n=5)	0.285	3.105	14.538	20.674	45.683
Probabilidad	0.147	0.193	0.491	0.217	0.175

EEM = error estándar de media

Como podemos apreciar en la tabla 15 no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$), solo se tuvo a los 19 y 26 d diferencias aritméticas, siendo observado el mejor



peso en los tratamientos E y A (373.87 g y 368.68 g vs 533.84 g y 527.72 g, respectivamente), sin embargo, al día 32 estas diferencias desaparecieron.

Es decir que a pesar de la evidencia del efecto de los tratamientos A, C, D y E, sobre los pesos vivos a los 19, 26 y 32 días, en superioridad comparativa con el tratamiento C (control negativo). No hubo diferencia significativa hasta los 32d de edad ($P > 0.05$).

Estos resultados sugieren una mejor capacidad adsorbente en las arcillas de los tratamientos D (3 A-T purificada y activada) y E (Myco-ad), debido a la obtención de mejores pesos vivos que los otros tratamientos contaminados con aflatoxinas. En el tratamiento C (3 A-T purificada) los pesos vivos fueron menores que el resto de los otros tratamientos contaminados con aflatoxinas, esto probablemente por su forma no activa, el cual posee menor capacidad secuestrante. Sin embargo, estos resultados no demostrables por la falta de diferencias estadísticas.

Esta capacidad secuestrante de la arcilla 3A-T, podría sustentarse con la afirmación de (Suarez, 2002), quien menciona que la adición de arcilla chacko al alimento reduce la toxicidad a las sustancias nocivas como son las aflatoxinas. Consistentemente (Wang et al., 2008) mencionan que las arcillas son utilizadas en la alimentación animal por su capacidad de absorber ciertas micotoxinas, además de aumentar la digestibilidad de los nutrientes y proteger la mucosa gástrica e intestinal y de mejorar la asimilación de proteína corporal e incremento del peso.

4.2.3 Ganancia media diaria del peso.

La ganancia media diaria de peso (g/d) de los diferentes tratamientos durante los 32 días experimentales se observa en la tabla 16.

Tabla 16. Efectos de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso durante el experimento (g/d) en patos Pekín

Tratamiento	Edad, días				
	0-5	6-19	20-26	27-32	0-32
A. Control + (alimento sin aflatoxinas)	15.65	14.7	19.42	23.76	17.58
B. Control - (alimento con aflatoxinas)	14.38	17.67	22.72	34.2	21.36
C. Alimento con aflatoxinas + 3A-T (Purificada)	12.81	16.26	21.83	24.11	18.41
D. Alimento con aflatoxinas +3A-T (Purificado y Activada)	13.33	16.65	17.33	19.2	16.16
E. Alimento con aflatoxinas+Myco-ad	14.55	16.84	21.99	27.68	19.64
EEM(n=5)	0.62	1.063	2.15	5.51	1.426
Probabilidad	0.16	0.55	0.37	0.45	0.18

EEM = error estándar de media

Como apreciamos periodos 6-19; 20-26 y 27-32 días, no existe diferencias significativas entre cada tratamiento ($P > 0.05$), probablemente esta falta de diferencias se debe a los niveles bajos de aflatoxinas en el alimento (10 ppb) para que se presente una aflatoxicosis crónica que se caracteriza por una disminución gradual de la ganancia de peso. (Mallmann et al., 2000) afirman que la inclusión de 3 ppm de aflatoxinas B1 en pollos causa una reducción significativa en la ganancia de pesos vivo. También Lara (2003) afirma que el alimento con 900 ppb de aflatoxinas no mostraron diferencia significativa sobre el peso vivo, pero si mostraron una diferencia significativa los que consumieron alimento contaminado con 2700 ppb de aflatoxinas B1.

4.2.4 Índice de Conversión Alimenticia.

El índice de conversión alimenticia durante los cinco periodos experimentales, se muestran específicamente para cada tratamiento en la tabla 17.

Tabla 17. Efecto de los tratamientos sobre el índice de conversión alimenticia durante el experimento en patos Pekín.

Tratamiento	Edad, días				
	0-5	6-19	20-26	27-32	0-32
A. Control + (alimento sin aflatoxinas)	1.4	2.17	3.03	3.22	2.47
B. Control - (alimento con aflatoxinas)	1.42	2.14	3.15	4.47	2.74
C. Alimento con aflatoxinas + 3A-T (Purificada)	1.37	2.08	3.6	3.93	2.74
D. Alimento con aflatoxinas +3A-T (Purificado y Activada)	1.29	2.29	2.52	3.07	2.44
E. Alimento con aflatoxinas+Myco-ad	1.46	2.06	2.59	3.5	2.51
EEM(n=5)	0.07	0.096	0.382	0.567	0.122
Probabilidad	0.6	0.47	0.29	0.43	0.24

EEM = error estándar de media

En la tabla 17 se muestra los cambios de la conversión alimenticia durante los distintos periodos experimentales de todos los tratamientos, desde el primer periodo de estandarización hasta el último periodo de 27-32d. Aunque no se aprecian diferencias significativas, podríamos mencionar que los adsorbentes de aflatoxinas tuvieron alguna influencia positiva. Sin embargo, al momento de hacer la comparación entre los controles A (positivo) y B (negativo) no existe ninguna diferencia entre tratamientos con secuestrantes, de esta manera los resultados nos sugieren que la baja concentración de aflatoxinas en los tratamientos provoco que no haya diferencias significativas hasta los 32 días de edad ($P > 0.05$).



Las arcillas poseen la capacidad de secuestrar las aflatoxinas en el alimento contaminado reduciendo los problemas gastrointestinales. En este sentido, (Wang et al., 2008) mencionan que las arcillas son utilizadas en la alimentación animal por su capacidad de adsorber ciertas micotoxinas, además de aumentar la digestibilidad de los nutrientes y protegen la mucosa gástrica e intestinal, además mejoran la asimilación de proteína corporal y los parámetros productivos. También (Suarez, 2002) menciona que como antagonico, la arcilla chacko resta la toxicidad a las sustancias nocivas. Un estudio preliminar realizado en el Lab Altheias de Argentina indico que las arcillas de Asillo y Azángaro presentaban mayor adsorción y menor desorción de las aflatoxinas. Estos resultados en cierta forma son corroborados por los mejores parámetros productivos observados en el presente estudio, probablemente esto se deba a que existe mejor afinidad de adsorber las aflatoxinas por parte de estas arcillas. También (Zghal et al., 2008) encuentran resultados favorables, donde el aumento de la dosis de sepiolita añadida al alimento se asocia con una reducción significativa del consumo de alimento esto puede deberse a que existe una disminución de la velocidad de tránsito esto en los pollos broiler. Consistentemente (Ouhida et al., 2000) encuentran datos similares, ellos indican que el aumento de la viscosidad ileal es lo que estaría provocando el menor consumo alimento. Estos investigadores no tuvieron diferencias significativas en cuanto al consumo de alimentos.

4.2.5 Porcentaje de materia seca en heces.

Los mayores porcentajes de humedad de las heces son indicativos de diarrea en las aves. La presencia de diarrea es uno de los síntomas importantes en la afección por aflatoxicosis. En la tabla 17 se aprecia los contenidos de materia seca de las heces a los 11, 16, 26 y 32 días experimentales.

Tabla 18. Efecto de los tratamientos sobre los porcentajes de materia seca en heces durante el experimento (%)

<i>Tratamiento</i>	<i>Edad, días</i>			
	<i>11</i>	<i>16</i>	<i>26</i>	<i>32</i>
<i>A. Control + (alimento sin aflatoxinas)</i>	19.53	28.66	45.66	39.16
<i>B. Control - (alimento con aflatoxinas)</i>	17.34	21.89	51.95	44
<i>C. Alimento con aflatoxinas + 3A-T (Purificada)</i>	16.98	24.57	41.99	45.54
<i>D. Alimento con aflatoxinas +3A-T (Purificado y Activada)</i>	18.87	21.47	43.53	35.35
<i>E. Alimento con aflatoxinas+Myco-ad</i>	17.68	24.44	44.35	29.83
<i>EEM(n=5)</i>	<i>0.516</i>	<i>3.1</i>	<i>7.976</i>	
<i>Probabilidad</i>	<i>0.7288</i>	<i>0.5086</i>	<i>0.9167</i>	

EEM = error estándar de media

Como podemos observar en la tabla 18 no existe diferencias significativas de materias secas (11, 16, 26, 32d), debido a que las heces de los patos son muy húmedas y no se puede determinar con exactitud la diferencia entre materias secas.

Se ha observado que la inclusión de las arcillas en el alimento de aves de puesta, producen heces más secas disminuyendo la fermentación y formación de amoníaco en los galpones avícolas, este efecto benéfico también puede ser útil para producir huevos más limpios (Castaing, 1990).

También (M. Aranibar & Calmet, 2006) reportaron en un experimento con pollitos que la materia seca de las heces a los 7 días de edad en el grupo control fue de 53.2%, mientras que en el que contenía aflatoxinas sin arcilla fue de 44.5%, entre tanto el grupo que contenía aflatoxinas más un 0.5% de arcilla la materia seca fue de 50.1% y finalmente en el grupo que contenía aflatoxinas más 1.0% de arcilla el contenido de materia seca en las heces fue de 48.9%. Estos resultados indican claramente que la inducción de 0.5 y 1%

en la ración fueron capaces de restablecer el contenido de materia seca de las heces observada en el tratamiento control.

No existen estudios en relación de materia seca en patos, para tratamientos de experimentación con arcillas secuestrantes vs aflatoxinas, para hacer una debida comparación con nuestros resultados. Por lo tanto, en el presente estudio no se presenta ningún efecto de la inclusión de la arcilla sobre el porcentaje de materia seca.

4.3 PORCENTAJE DE MORTALIDAD

Un indicativo de la severidad de la aflatoxicosis es la morbilidad y mortalidad. En la tabla 19 se aprecia las mortalidades para cada periodo experimental.

Tabla 19. Efecto de los tratamientos sobre los porcentajes de mortalidad (%) de los patos hasta los 32 días experimentales.

Tratamiento	Edad, días				
	0-5	6-19	20-26	27-32	0-32
A. Control + (alimento sin aflatoxinas)	0.99	0.99	...	...	1.98
B. Control - (alimento con aflatoxinas)	...	1.98	...	...	1.98
C. Alimento con aflatoxinas + 3A-T (Purificada)	...	...	...	...	...
D. Alimento con aflatoxinas + 3A-T (Activada)	...	0.99	...	...	0.99
E. Alimento con aflatoxinas + Myco-ad	0.99	0.99	...	...	1.98
TOTAL	1.98	4.95	...	...	6.93

EEM = error estándar de media

En la tabla 19 se aprecia que durante el periodo de 0 a 5 d hubo dos muertes por onfalitis con un porcentaje de 1.98 % y en el periodo experimental de 6-19 d, fue el único periodo donde se presentó una mortalidad de 4.95 %, siendo causado por una aflatoxicosis aguda. Mientras que en los demás periodos no se observó más mortalidad.



Los datos encontrados con respecto al porcentaje total de mortalidad con 6.93, no fueron significantes ya que obtuvimos 7 patitos muertos: 2 patitos por onfalitis fuera de la etapa de experimentación, 1 patito del tratamiento A de control + (alimento con aflatoxinas), 2 patitos del tratamiento B de control - (alimento sin aflatoxinas), 1 patito del tratamiento D (alimento con aflatoxinas y arcilla 3 A-T purificada y activada), 1 patito del tratamiento E (alimento con aflatoxinas y arcilla Myco-ad). La mortalidad de un pato por intoxicación del control negativo puede explicarse probablemente a la contaminación cruzada que hubo al momento de la forma de ingesta de alimento molido y agua que tienen los patos Pekín, ubicadas en jaulas contiguas aleatoriamente. Por otro lado, la mortalidad se deba a la mayor susceptibilidad que tienen los patitos Pekín en comparación con otras especies de aves de producción durante sus primeros días de crecimiento.

Por lo tanto, la inclusión de las arcillas sobre mortalidad, aparentemente fue eficaz para determinar la baja mortalidad, este podría ser resultado de la baja toxicidad y/o a la capacidad secuestrante en la inclusión de las arcillas en los alimentos contaminados para patos Pekín.

Estudios en pollos broiler indican mortalidades de hasta 17% para pollos que consumen 4.0 ppm de aflatoxina. Por su parte, Alvear et al. (2004) mencionan que el tratamiento testigo, la mortalidad fue 1.2% (3 aves muertas) y el tratamiento 4 con el 0.8% de mortalidad (2 aves muertas). Resultados similares fueron obtenidos por Aranibar et al. (2008) en un estudio del chacko como ingrediente novel en pollitos con alimentos contaminados con aflatoxinas y pollitos del tratamiento sin adición de arcilla presentaron menor rendimiento productivo e incrementándose la mortalidad a los 21 días.



En el presente estudio la comparación entre los tratamientos control y los tratamientos con 10 ppb de aflatoxinas más la inclusión de 0.5 % de las arcillas secuestrantes no hubo diferencias en ninguna de las variables estudiadas estos resultados también nos indican que la arcillas fueron capaces de contrarrestar los efectos nocivos de las aflatoxinas en los patos.

Adicionalmente Velasquez & Aranibar (2017), indican los datos encontrados con respecto a la mortalidad no fueron significantes ya que obtuvimos uno por causa de onfalitis siendo del grupo de control positivo y otro del grupo de Montchack Azángaro dando una mortalidad de 1.11%. Estos resultados probablemente pueden explicarse por el menor consumo de alimento que tienen las pollitas de postura, ya que estudios con pollos broiler indican mortalidades de hasta 17% cuando consumen 4.0 ppm de aflatoxina.

4.4 LESIONES PATOLÓGICAS

En la tabla 20 se observa el grado de lesiones en los 5 tratamientos del experimento, que se obtuvieron a la lectura vía microscópica de 30 láminas histológicas de muestras recolectadas durante el periodo de 6-19 d; de las cuales 5 láminas fueron muestras de hígados de patos muertos fortuitamente y las otras 25 láminas fueron de los 25 de patos muertos por eutanasia al 19 d.

Tabla 20. Grado de lesión histológica de hígados de patos Pekín, que consumieron alimentos contaminados con aflatoxinas durante 6-19 d

<i>Muestras de hígado de patos pekin por:</i>	<i>Tratamientos</i>									
	<i>A</i>		<i>B</i>		<i>C</i>		<i>D</i>		<i>E</i>	
<i>Muertes por Eutanasia</i>	A1	++	B4	+++	C2	+	D5	++	E3	+++
	A9	++	B6	++	C10	+++	D8	++	E11	++
	A12	+	B7	+	C18	++	D13	++	E17	+++
	A14	+	B16	++	C21	++++	D15	++++	E22	++
	A20	++	B23	++	C24	++	D19	++	E25	++
<i>Muertes fortuitas</i>	A1**	++++	B23*	+++			D13*	+++	E25*	+++
			B4*	+++						

Como podemos observar en la tabla 20, se observa la graduación de lesiones hepatopatológicas. Se aprecia el grado de lesión de leve - moderada a severa de 5 muestras histopatológicas de hígados de los patos por muertes fortuitas y por aflatoxicosis, entre el día 1 al día 7 y el resto de las 25 muestras recolectadas de las eutanasias nos muestran un grado de lesión desde leve hasta severa.

Por lo tanto a pesar de la inclusión de las arcillas adsorbentes de aflatoxinas no hubo efecto para evitar las lesiones microscópicas en hígados de patos pekin que consumieron dietas contaminadas con aflatoxinas. De igual manera no se evidencia

ninguna graduación diferencial entre las lesiones de los tratamientos control y el resto de los tratamientos que si tuvieron adsorbentes.

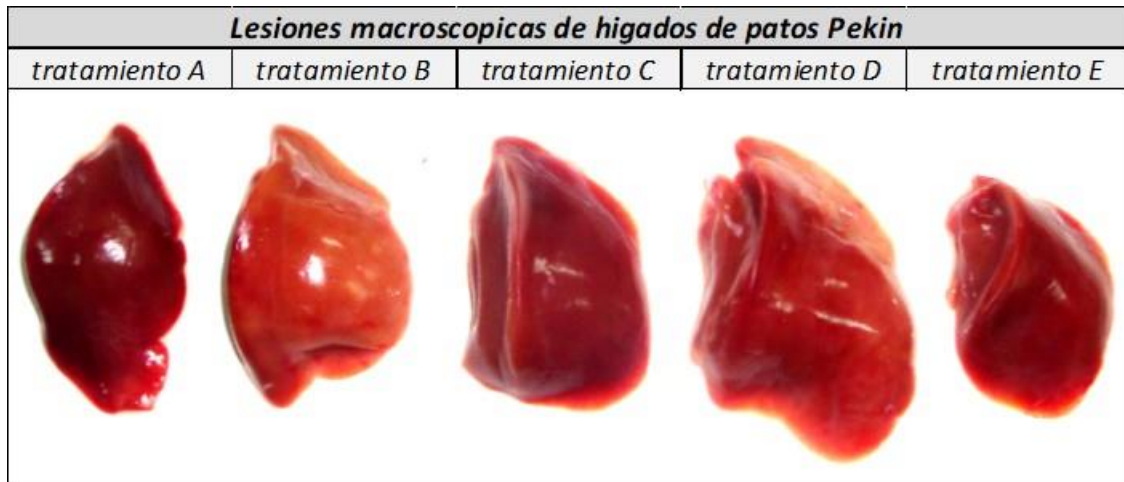


Figura 3 Descripción macroscópica de las lesiones de los hígados de 5 tratamientos, a la necropsia del 19 d en patos Pekín que consumen alimentos contaminados con aflatoxinas.

Tratamiento A: Hígado de pato de tamaño intermedio con incremento del color a oscuro venoso congestivo, tiene los bordes bien definidos con el filo característico y no presenta deformidades. En su superficie se denotan tres manchas pálidas blanquecinas por posible fibrosis post necrótica multifocal.

Tratamiento B: Hígado de pato con palidez (más pálido del grupo) de aparente degeneración grasa, el tamaño es intermedio, la forma se aprecia algo globosa mostrando cuatro manchas pálidas fibrosas en su superficie parietal.

Tratamiento C: Hígado de pato con dos manchas fibrosas en la superficie con bordes filosos y normales.

Tratamiento D: Hígado de pato con incremento de tamaño respecto a los demás del grupo, con algo de palidez y mostrando tres manchas fibrosas en su superficie.

Tratamiento E: Hígado de pato que muestra el menor tamaño de entre los del grupo con forma y color normales.



En la primeras necropsias se hizo el muestreo de hígados de patos y macroscópicamente se realizó la discusión comparativa de los órganos determinándose de mayor a menor afección patológica en el siguiente orden : tratamiento B (control +), tratamiento D , tratamiento A (control -), tratamiento C y tratamiento E.

Por lo tanto la inclusión de las arcillas no tuvieron un efecto para evitar la presencia de lesiones macroscópicas en los hígados de los patos pekin que consumieron alimentos contaminados y de igual manera no se pudo determinar alguna diferenciación macroscópica coherente en base a la capacidad de cada tratamiento.

En los resultados obtenidos en la detección de aflatoxinas (10 ppb) en los alimentos experimentales, se encontró que el nivel de aflatoxinas se encuentra por debajo a los límites máximos permisibles (LMP). En otra investigación Caballero et al. (2001) encontraron que el 20% de muestras de maíz peruanas sobrepasaron los LMP. Esto podría estar comprometido mayormente con problemas subclínicos en aves y con escasos problemas clínicos. Cabe señalar que, el consumo de alimento con altos niveles de aflatoxinas tendría que producirse durante períodos prolongados y en altas dosis. Por lo general los hígados de patos pekin no se evidencia un daño macroscópico considerable para determinar una insuficiencia hepática.



V. CONCLUSIONES

- a. El alimento contaminado tuvo niveles bajos de aflatoxinas B1 (10 ppb), que no fueron capaces de producir efectos negativos, en los parámetros productivos como: consumo de alimento, peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia, en los patos Pekín a los 32 d.
- b. La materia seca de las heces no se no fueron diferentes entre los alimentos experimentales y fue bastante dificultoso debido a la alta humedad de las heces propio de la especie y a la dificultad para una colecta exacta entre jaulas contiguas, y también a los hábitos alimenticios por ingesta de alimento y agua.
- c. En la patología de los patos Pekín de las muestras de hígados, hubo evidencia de intoxicación debido a la presencia de lesiones hepáticas pero no hubo una diferencia definida entre las lesiones hepáticas de cada tratamiento debido a la baja concentración de aflatoxinas, pero cabe recalcar que a la semana de inicio del consumo del alimento contaminado hubo la mayor mortalidad específicamente del tratamiento B del control positivo el cual nos da a entender que las aflatoxicosis se presenta de una forma aguda con mayor letalidad.



VI. RECOMENDACIONES

- a. Debido al alto costo de las aflatoxinas purificadas (500 dólares/g) se debe realizar el cultivo de los hongos *Aspegillus flavus* con protocolos que permitan en el laboratorio obtener una mayor producción de aflatoxinas, el cual sea capaz de causar mayores daños en el animal y de esta manera poder probar las eficacias de las arcillas.
- b. Comparar la capacidad secuestrante de las arcillas 3A-T purificado y 3A-T purificado y activado, *in vitro*.
- c. Realizar un análisis bromatológico de las materias primas antes de formular la ración debido a que puede existir alta variabilidad en su contenido nutricional.
- d. Realizar un análisis cuantitativo de Ocratoxinas, debido a su presencia normal generalmente en el maíz para el alimento de aves.
- e. Ante este tipo de experimento de riesgo biológico, por contaminación aérea de esporas de *Aspegillus flavus* y partículas de aflatoxinas, se debe realizar los tratamientos en distintos ambientes independientes con las mismas condiciones.
- f. Para la especie de patos Pekín tomar en cuenta los hábitos alimenticios, para mejorar la homogeneidad mediante alimentos peletizados y evitar la contaminación cruzada con jaulas de mayor amplitud y menor contaminación entre ellas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, M. L., Bragulat, M. R., Castella, G., & Cabanes, F. J. (1994). ~searchli 9{pte. *Journal of Food Protection*, 57, 256–258.
- AEZO. (1998). *Programa Balanceo de Raciones a Mínimo Costo FD-II Dpto. Zootecnia Universidad Católica de Chile.*
- ALLTECH. (1998). Aves y micotoxinas una combinación desastrosa. *Micotoxinas En Avicultura. ERGOMIX.* <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/aves-micotoxinas-combinacion-desastrosa-t25899.htm#1>
- Amandus, C. (2008). Micotoxinas en nutrición animal. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–14.
- Antunez de mayolo, santiago erik. (1978). *NUTRICION DEL ANTIGUO PERU (EDITORIAL).* <https://docplayer.es/59299031-Por-santiago-erik-antunez-de-mayolo-r.html>
- Aragon, A., & Benigno, W. (2002). *Determinación de la capacidad de adsorción del chacko aplicado a la extracción de cationes metálicos.* REPOSITARIO UNAP- PUNO. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/632?show=full>
- Aranibar, H. (2011). Protocolo para purificación y activación de arcilla chacko. In *Facultad de Nutrición Animal, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.*
- Aranibar, M. (2007). Importancia y control preventivo de la aflatoxicosis aviar. *XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú, 15 (Supl., 99–103.*
- Aranibar, M., & Calmet, E. (2006). Efecto del nivel de inclusión de arcilla 3A-T sobre los parámetros productivos y lesiones patológicas de pollitos que consumen alimentos contaminados con aflatoxinas. *Universidad Nacional Del Altiplano. Puno – Perú.*
- Aranibar, M., Garcia, R. E., & Suarez, M. (2008). MONTCHACK 3A-T: UN INGREDIENTE NOVEL PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL. *Alimentación Animal. Memorias XIX Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias. Puno – Perú.*
- Asrani, R. K., & Rakesh, K. (2021). EFECTOS CLÍNICOS y



- ANATOMOPATOLÓGICOS de las MICOTOXINAS. *Departamento de Patología Veterinaria, Colegio de Ciencias Veterinarias y Animales Dr. G C Negi, CSK Universidad Agrícola de Himachal Pradesh, Palampur, Himachal Pradesh, India 1*, 1–31.
- Caballero, J. M., Arbaiza, T., & Orlando, F. (2001). Comunicación niveles críticos de aflatoxina en muestras de maíz para consumo animal en lima metropolitana. *Revista de Investigaciones Veterinarias - Lima ,Perú.*, 12(1), 125–127.
- Campbell, M. L., May, J. D., Huff, W. E., & Doerr, J. A. (1983). Evaluation of immunity of young broiler chickens during simultaneous aflatoxicosis and ochratoxicosis. *Poultry Science*, 62(11), 2138–2144. <https://doi.org/10.3382/ps.0622138>
- Carmona, J. E. ., & Eutiquio, S. G. (2020). Inclusion DE DIFERENTES NIVELES DE SECUESTRANTE DE MICOTOXINAS EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA. In *Phhttps://repositorioinstitucional.buap.mx* (Vol. 21, Issue 1, pp. 1–9).
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/10117/20200925145140-8708-TL.pdf?sequence=1>
- Castaing, J. (1990). USO DE LAS ARCILLAS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL Julien. *XIV Curso de Especialización AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL*.
- Channaiah, L. H. (2012). Inocuidad de los alimentos balanceados para animales: riesgos y desafíos. *V Congreso CLANA (Colegio Latinoamericano de Nutrición Animal), Puerto Vallarta, México En Octubre de 2012*.
<https://www.elsitioavicola.com/articles/2319/inocuidad-de-los-alimentos-balanceados-para-animales-riesgos-y-desafaos/>
- Corrier, D. E. (1991). Mycotoxicosis: mechanisms of immunosuppression. *Veterinary Immunology and Immunopathology.*, 30(1), 73–87.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016524279190010A>
- Daftary, R. D., & Pomeranz, Y. (1965). Changes in Lipid Composition in Maturing Wheat. *Journal of Food Science*, 30(4), 577–582.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1965.tb01805.x>
- Dhanasekaran, D., Shanmugapriya, S., Thajuddin, N., & Panneerselvam, A. (2011).



- Aflatoxins and Aflatoxicosis in Human and Animals. *Aflatoxins - Biochemistry and Molecular Biology*. <https://doi.org/10.5772/22717>
- Diaz, D. E. (2005). The Mycotoxin Blue Book. *Poultry Science Association, Inc*, 14(4), 764–765. <https://doi.org/10.1093/japr/14.4.764>
- Dilkin, P., Mallmann, C. A., De Almeida, C. A. A., Stefanon, E. B., Fontana, F. Z., & Milbradt, E. L. (2002). Production of fumonisins by strains of *Fusarium moniliforme* according to temperature, moisture and growth period. *Brazilian Journal of Microbiology*, 33(2), 111–118. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822002000200003>
- Doerr, J. A., Huff, W. E., Wabeck, C. J., Chaloupka, G. W., May, J. D., & Merkley, J. W. (1983). Effects of low level chronic aflatoxicosis in broiler chickens. *Poultry Science*, 62(10), 1971–1977. <https://doi.org/10.3382/ps.0621971>
- Escalona, A., Figueredo, M., Ramayo, Y., & Ramos, O. (2005). MICOTOXINAS. *Revistas de Ciencias*. <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EEEFyZVKAIQqVRsQj.p hp>.
- FAO. (2013). Revisión del Desarrollo Avícola. In *Revisión del desarrollo avícola*. <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>
- FDA. (2007). MYCOTOXINS IN DOMESTIC AND IMPORTED FOODS. *British Medical Journal*, 334(7584), 55–56. <https://doi.org/10.1136/bmj.39049.545880.BE>
- Fernandez, A., Verde, M. T., Gascon, M., Ramos, J., Gomez, J., Luco, D. F., & Chavez, G. (1994). Variations of clinical biochemical parameters of laying hens and broiler chickens fed aflatoxin-containing feed. *Avian Pathology*, 23(1), 37–47. <https://doi.org/10.1080/03079459408418973>
- Frisancho, D. (1988). Medicina Indígena y Popular. In *Medicina Indígena y Popular. III Edición*. Editorial los Andes. Lima Perú.
- García, E., & Suárez, M. (2008). *LAS ARCILLAS : PROPIEDADES Y USOS*. 1–16.
- García, E., Suárez, M., & Aranibar, M. (2006). Arcilla chacko en alimentación animal. *XXVI Reunión de La Sociedad Española de Mineralogía (SEM) y XX Reunión de La Sociedad Española de Arcillas (SEA)*. Oviedo: MACLA, 201–204.



- Gimeno. (2005). Adsorbentes de micotoxinas: Eficacia de los HSCAS (silicatos aluminico calcico sodio hidratados). *Engormix - Avicultura*.
<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/adsorbentes-micotoxinas-eficacia-hscas-t25981.htm>
- Gimeno, A. (2003). La Legislación de la Unión Europea y Tolerancias para algunas Micotoxinas en la Alimentación. *Engormix*.
<https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/legislacion-union-europea-tolerancias-t26196.htm>
- Gimeno, A. (2009). Revisión de las concentraciones máximas tolerables para ciertas micotoxinas. *SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL*, 11–13.
https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/20-micotoxinas.pdf
- Gimeno, A., & Martins, M. (2011). Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos. *Special Nutrients*, 100–160.
- Gimeno, A., & Martins, M. (2015). Micotoxinas en pollos y gallinas : ¿Habrá más riesgos de micotoxicosis con el uso de nuevas materias primas? *Engormix*, 6(2), 1–16.
http://www.quiveter.com/ftp_public/A4250408.pdf
- Gingins, M. (2010). ¡ CUIDADO ! MICOTOXINAS. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 18(224), 56–59.
- GRUPO LATINO. (2006). MANUAL DE EXPLOTACION EN AVES DE CORRAL-VOLVAMOS AL CAMPO. *Grupo Latino 2006 Ed. Grupo Latino Ltda. Impreso En Colombia 2006*.
- Guevara, I. junior. (2021). *Cuantificación de hongos y micotoxinas en alimento balanceado provenientes de establecimientos avícolas de la provincia de Coronel Portillo, Ucayali*.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16221/Guevara_ai.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- IARC. (1993). EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS. *LARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Which Met in Lyon*, 56(69), 5–24.
- Jones, F. T., Genter, M. B., Hagler, W. M., & Hansen, J. A. (1994). Understanding and



- Coping with Effects of Mycotoxins in Livestock Feed and Forage Safe Levels of Mycotoxins. *AG (North Carolina Agricultural Extension Service)(USA)*, 523, 1–21. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19960064763%0Ahttps://projects.ncsu.edu/cals/an_sci/extension/animal/nutr/Understanding_mycotoxins.pdf
- Kubena, Harvey, W., Huff, D., Corrier, T., Phillips, Y. G., & Rottinghaus. (1991). Efficacy of Hydrated Sodium Calcium Aluminosilicate to Reduce the Individual and Combined Toxicity of Aflatoxin and Ochratoxin A 1. *Poultry Science*, 71(1), 64–69. <https://doi.org/10.3382/ps.0710064>
- Kubena, L. F., Bailey, R. H., Byrd, J. A., Young, C. R., Corrier, D. E., Stanker, L. H., & Rottinghaus, G. E. (2001). Cecal volatile fatty acids and broiler chick susceptibility to *Salmonella typhimurium* colonization as affected by aflatoxins and T-2 toxin. *Poultry Science*, 80(4), 411–417. <https://doi.org/10.1093/ps/80.4.411>
- Lanza, G. M., Washburn, K. W., & Wyatt, R. D. (1980). Strain variation in hematological response of broilers to dietary aflatoxin. *Poultry Science*, 59(12), 2686–2691. <https://doi.org/10.3382/ps.0592686>
- Lara, A. J. (2003). MÉTODOS DE DETERMINACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE MICOTOXINAS EN INGREDIENTES PARA LA NUTRICIÓN ANIMAL. *Asociación Mexicana de Nutrición Animal (AMENA)*., 1–7. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/36-metodos_eterminacion_micotoxinas.pdf
- Lindemann, M. D., Blodgett, D. J., Kornegay, E. T., & Schurig, G. G. (1993). Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling/growing swine. *Journal of Animal Science*, 71(1), 171–178. <https://doi.org/10.2527/1993.711171x>
- Mallmann, C., & Dilkin, P. (2007). Micotoxinas y micotoxicosis en cerdos. *Special Nutrient-ENGORMIX*. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hCRyKV_nLmsJ:https://www.engormix.com/special-nutrients/libro-carlos-mallman-micotoxinas-micotoxicosis-cerdos-sh951_pr28960.htm+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe



- Mallmann, C., Dilkin, P., Mallmann, A., & Marchior, A. (2012). PATOLOGÍA , DIAGNÓSTICO , Y CONTROL DE LA MICOTOXICOSIS AVIAR. *Memorias, 5a Reunion AECACEM.*, 323–331.
- Mallmann, C., Santurio, I. M., Almeida, C. . A. A., & Dilkin, P. (2001). Fumonisin B1 levels in cereals and feeds from southern Brazil. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 68(November 2000), 41–45.
- Mallmann, C., Santurio, J., & Morbini, L. (2000). Evaluación del Desempeño de Pollos Intoxicados Experimentalmente Con Aflatoxinas, Recibiendo Dietas con dos Concentraciones (0.25% Y 0.50%) De Un Aluminosilicato. *Conditionade 200hpc. Poultry Science*.
- Malpica, C. (1970). *Crónica del Hambre en el Perú*. (Moncloa campodomico. Lima Peru (ed.); II Edición).
- Mamani, A., Calmet, E., Chavez, P., & Aranibar, M. (2005). INCLUSIÓN DE LA ARCILLA 3A-T (CHACKO) EN ALIMENTOS CONTAMINADOS NATURALMENTE CON MICOTOXINAS Y RENDIMIENTO DE POLLO DE CARNE NATIVE. In *Revista de investigacion* (Vol. 3, Issue 3). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO.
- Mariani, G. (1998). Desempeño productivo de pollos de carne sometidos a intoxicación experimental con aflatoxinas en diferentes edades. *Curso de Pós-Grado En Zootecnia, Universidad Federal de Santa Maria*.
- Marin, S., Ramos, A. J., Cano-Sancho, G., & Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 218–237. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>
- Martinez, B., & Denli, M. (2010). “La presencia de las micotoxinas en el pienso y su impacto en la producción avícola.” *Unidad de Nutrición Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona*, 7. http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1161831538a.pdf
- Martínez, H., Hernández, S., Reyes, C., & Vazquez, G. (2013). El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31(2), 126–146. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61231509005.pdf>



- MINAGRI. (2019). Mes : Julio Año : 2019. *Boletín Estadístico Mensual Del MINAGRI*, 1–23, 1–23. [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/sector-avicola-julio2019\(1\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/sector-avicola-julio2019(1).pdf)
- NRC. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. In *Poultry Science* (Vol. 74, Issue 1). <https://doi.org/10.3382/ps.0740224>
- NUTRINEWS A. (2019). Modelo único en vivo con patos para probar la Eficacia de secuestrantes de aflatoxinas B1. *Revista NutriNews LATAM 3er Trimestre*, 27.
- Ouhida, I., Pérez, J. F., & Gasa, J. (2000). Sepiolite (exal) decreases microbial colonization in the gastrointestinal tract of young broilers fed barley-wheat based diets. *Archivos de Zootecnia*, 49(188), 1–17. <http://hdl.handle.net/10810/29279>
- Pascual, E., & Villanueva, H. (1993). *Efecto citoprotector del chaco sobre la mucosa gástrica en ratas albinas sometidas a stress por restricción hipotérmica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Peru.
- Pereira, V. L., Fernandes, J. O., & Cunha, S. C. (2014). Mycotoxins in cereals and related foodstuffs: A review on occurrence and recent methods of analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 36(2), 96–136. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2014.01.005>
- Perusia, O. R., & Rodriguez, R. A. (2017). *Micotoxicosis*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/78-MICOTOXICOSIS.pdf
- Ploog, H. (1994). Evaluación y Análisis del Proceso Productivo del Pollo Barrillero en Granja. *Revista de Ciencias Veterinarias*, N° 6. Nov.-Dic. Lima-Perú., 10(6).
- PLUSVET ANIMAL HEALTH. (2017). Toxicidad de micotoxinas en patos. *Plus.Vet*. <https://plus.vet/2017/06/07/toxicidad-de-micotoxinas-en-patos/>
- Quezada, T., Cuéllar, H., Jaramillo-Juárez, F., Valdivia, A. G., & Reyes, J. L. (2000). Effects of aflatoxin B1 on the liver and kidney of broiler chickens during development. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Pharmacology Toxicology and Endocrinology*, 125(3), 265–272. [https://doi.org/10.1016/S0742-8413\(99\)00107-3](https://doi.org/10.1016/S0742-8413(99)00107-3)



- Rodriguez, A., & Oscar, R. (2001). MICOTOXICOSIS. *Rev. Investig. Vet. Perú.*
[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fnfPv2AQFX4J:https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v12_n2/micotoxicosis\(2\).htm+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fnfPv2AQFX4J:https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v12_n2/micotoxicosis(2).htm+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe)
- Rosa, C. A. R., Miazzo, R., Magnoli, C., Salvano, M., Chiacchiera, S. M., Ferrero, S., Saenz, M., Carvalho, E. C. Q., & Dalcero, A. (2001). Evaluation of the efficacy of bentonite from the south of Argentina to ameliorate the toxic effects of aflatoxin in broilers. *Poultry Science*, 80(2), 139–144.
<https://doi.org/10.1093/ps/80.2.139>
- Santurio, J., MALLMANN, C., ROSA, A., APPEL, G., HEER, A., DAGEFORDE, S., & BOTTCHEER, M. (1999). Effect of sodium bentonite on the performance and blood variables of broiler chickens intoxicated with aflatoxins. *Br. Poult. Sci.* 40., 115–119. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10405046/>
- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología -Perú.*
- Shimada, A. (1984). DESARROLLO DE FORMULAS PARA LA DETERMINACION DE LA COSTEABILIDAD DE LOS PRECIOS DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS PARA CERDOS Y PARA NOVILLOS EN CORRAL. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias-INIFAP*, 47.
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx>
- Shimada, A. (2013). *Nutrición Animal* (Editorial Trillas (ed.); I Edición).
- Smith, J. W., & Hamilton, P. B. (1970). Aflatoxicosis in the broiler chicken. *Poultry Science*, 49(1), 207–215. <https://doi.org/10.3382/ps.0490207>
- Suarez, M. (2002). *Arcilla, Tierra medicinal Milenaria*. Buena Siembra.
<http://buenasiembra.com.ar/salud/>
- Urrego, J., & Díaz, G. (2006). Aflatoxinas: Mecanismos De Toxicidad En La Etiología De Cáncer Hepático Celular. *Revista Facultad Medicina Universidad Nacional Colombia*, 54(2), 9.
- Valdizán, H., & Maldonado, Á. (1992). Medicina popular peruana. In *Medicina popular peruana (contribución al Folklore Médico del Perú)*. Tomo II, Imprenta Torres Aguirre. Lima-Perú. (p. 529).



- Van edmond, H., Van Apeldoorn, M., & Speijers, G. (2004). Marine biotoxins - food and nutrition. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 80*, 1–278. <http://www.fao.org/docrep/007/y5486e/y5486e00.htm#Contents>
- Velasquez, J., & Aranibar, M. (2017). INCLUSIÓN DE ARCILLA MONTCHACK 3 A-T (CHACKO) EN EL ALIMENTO Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD DE POLLAS DE LA LÍNEA HY LINE BROWN. [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, PUNO-PERU.]. In *Tesis*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wang, P., Afriyie-gyawu, E., Tang, Y., Johnson, N. M., Xu, L., Tang, L., Huebner, H. J., Ankrah, N. A., Ofori-adjei, D., Ellis, W., Jolly, P. E., Williams, J. H., Wang, J. S., & Phillips, T. D. (2008). NovaSil clay intervention in Ghanaians at high risk for aflatoxicosis: II. Reduction in biomarkers of aflatoxin exposure in blood and urine. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 25(5), 622–634. <https://doi.org/10.1080/02652030701598694>
- Yang, C., Song, G., & Lim, W. (2020). Effects of mycotoxin-contaminated feed on farm animals. *Journal of Hazardous Materials*, 389, 122087. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2020.122087>
- Yunus, A. W., Ghareeb, K., Abd-El-Fattah, A. A. M., Twaruzek, M., & Böhm, J. (2011). Gross intestinal adaptations in relation to broiler performance during chronic aflatoxin exposure. *Poultry Science*, 90(8), 1683–1689. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01448>
- Zghal, I., Zitari, S., & Haj, A. M. (2008). INFLUENCIA DE NIVELES CRECIENTES (0 a 2%) DE SEPIOLITA EN LOS PIENSOS DE POLLOS SOBRE SUS RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS. *I Congreso de Estudiantes Universitarios de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica.*, 207–210.



ANEXOS

ANEXO A: Lectura de láminas histopatológicas de hígados de patos Pekín.

ANEXO B: Cuadro escala de lesión histopatológica de hígado de pato Pekín que consumen alimentos contaminados con aflatoxinas de 0-19 días.

ANEXO C: Fotografías del desarrollo experimental.



ANEXO A: Lectura de láminas histopatológicas de hígados de patos Pekín.

<i>Laminas histopatologicas</i>	<i>lectura</i>
A1 (1005022)	Leve degeneración de hepatocitos con extravasación de glóbulos rojos e hiperplasia de endotelio, proliferación de conductos biliares.+B2:B10
A14 (1004565)	Ligera degeneración de hepatocitos con incipiente proliferación de conductos biliares, leve degeneración de grasa pletorizacion de vasos sanguíneos.
B4 (1004563)	Moderada a severa degeneración de hepatocitos con necrosis multifocal. Proliferación de conductos biliares con infiltración de células polimorfonucleares, extravasación de glóbulos rojos y pletorizacion de vasos sanguíneos.
B16 (1004941)	Leve a moderada degenerada de hepatocitos con incipiente proliferación de conductos biliares, degeneración grasa con incipiente metaplasia de tejido.
B23 (1004558)	Moderada degeneración y necrosis de hepatocitos. Proliferación de conductos biliares heterofilos y polimorfonucleares, leve infiltración de sustancia acidofila.
C10 (1005025)	Leve a moderada degeneración de hepatocitos en focos de necrosis, moderados focos hemorrágicos con daño endotelial, proliferación de conductos biliares, infiltración de heterofilos y células mononucleares.
C21 (1005080)	Severa degeneración de hepatocitos, pletorizacion de vasos sanguíneos con severa extravasación de glóbulos rojos. Infiltración de heterofilos y polimorfo nucleares, proliferación de conductos biliares con degeneración grasa. Infiltración intersticial de sustancia acidofila con distensión del
D5 (1003198)	Leve a moderada degeneración de hepatocitos, extravasación de glóbulos rojos, proliferación de conductos biliares con leve degeneración grasa, hiperplasia de células de revestimiento.
D8 (1004928)	Degeneración leve a moderada de hepatocitos con disgregación del parénquima, incipiente proliferación de conductos biliares. Extravasación de glóbulos rojos, leve infiltración de células mononucleares.
D15 (1005184)	severa degeneración de hepatocitos con focos de necrosis difusa. Infiltración intersticial de sustancia acidofila y fibrina, proliferación de conductos biliares e infiltración de heterofilos y polimorfonucleares.
C24 (1004957)	Degeneración moderada de hepatocitos con disgregación de parénquima, proliferación de conductos biliares y degeneración grasa, leve infiltración de heterofilos y polimorfonucleares

ANEXO B: Cuadro escala de lesión histopatológica de hígado de pato Pekín que consumen alimentos contaminados con aflatoxinas de 0-19 días.

Tratamiento A			Tratamiento B			Tratamiento C			Tratamiento D			Tratamiento E		
<i>Replicas</i>	<i>Codigo</i>	<i>grado de lesion</i>	<i>Replicas</i>	<i>Codigo</i>	<i>grado de lesion</i>	<i>Replicas</i>	<i>Codigo</i>	<i>grado de lesion</i>	<i>Replicas</i>	<i>Codigo</i>	<i>grado de lesion</i>	<i>Replicas</i>	<i>Codigo</i>	<i>grado de lesion</i>
A1	1005022	++	B4	1004563	+++	C2	1005054	+	D5	1003198	++	E3	1005217	+++
A1	1005023	++	B4	1004564	+++	C2	1005066	+	D5	1003199	++	E3	1005218	+++
A1	1005024	++	B4	1004947	+++	C10	1005025	+++	D8	1004928	++	E11	1005221	++
A1 *	1006066	++++	B4	1004951	+++	C10	1005026	+++	D8	1004931	++	E11	1004544	++
A9	1005182	++	B6	1003670	++	C18	1005078	++	D13*	1006075	++++	E17	1005111	+++
A12	1003206	+	B6	1003669	++	C18	1005079	++	D13*	1006076	++++	E17	1005112	+++
A12	1003319	+	B7	1004105	+	C21	1005080	++++	D13	1005205	++	E17	1005113	+++
A14	1004565	+	B7	1004103	+	C24	1004957	++	D13	1005206	++	E22	1004560	++
A14	1004566	+	B16	1004941	++	C24	1004959	++	D15	1005184	++++	E22	1004561	++
A20	1005196	++	B16	1004945	++				D15	1005185	++++	E22	1004562	++
A20	1005197	++	B23	1004557	++				D19	1005186	++	E25	1003973	++
A20	1005198	++	B23	1004558	++							E25	1003974	++
			B23	1004559	++							E25*	1004007	+++
			B23*	1005085	+++							E25*	1004004	+++
			B23*	1005086	+++									
			B23*	1005087	+++									

ANEXO C: Fotografías de desarrollo experimental.

ANEXO C.1. Muestra de maíz contaminada con *Aspergillus flavus*.



ANEXO C.2. La autoclave, donde se esterilizo el maíz amarillo.



ANEXO C.3. Lavado de la arcilla Chacko activado con ácido clorhídrico.



ANEXO C.4. Lavado de la arcilla Chacko activado con ácido clorhídrico.



ANEXO C.5. Bioterio: Jaulas de bandejas metálicas para el recojo de heces de patitos Pekín.



ANEXO C.6. Bioterio: Sistema de bebederos tipo niple.



ANEXO C.7. Bioterio: Instalación de comederos rectangulares



ANEXO C.8. Materia seca de heces de patitos Pekín.



ANEXO C.9. Sacrificios de patitos Pekín



ANEXO C.10. Obtención muestras de hígado de patitos Pekín



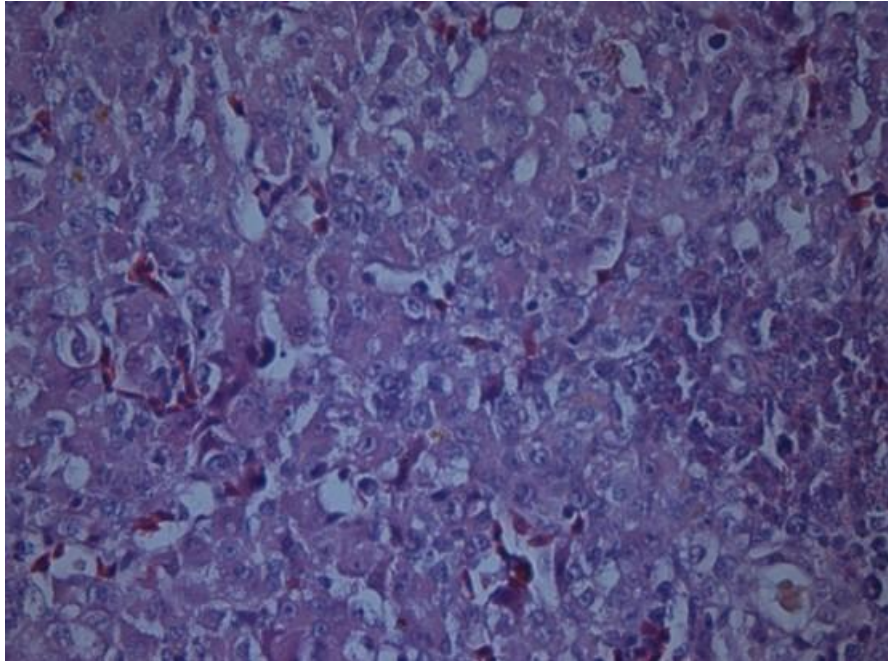
ANEXO C.11. Láminas histopatológicas de hígado de patitos Pekín.



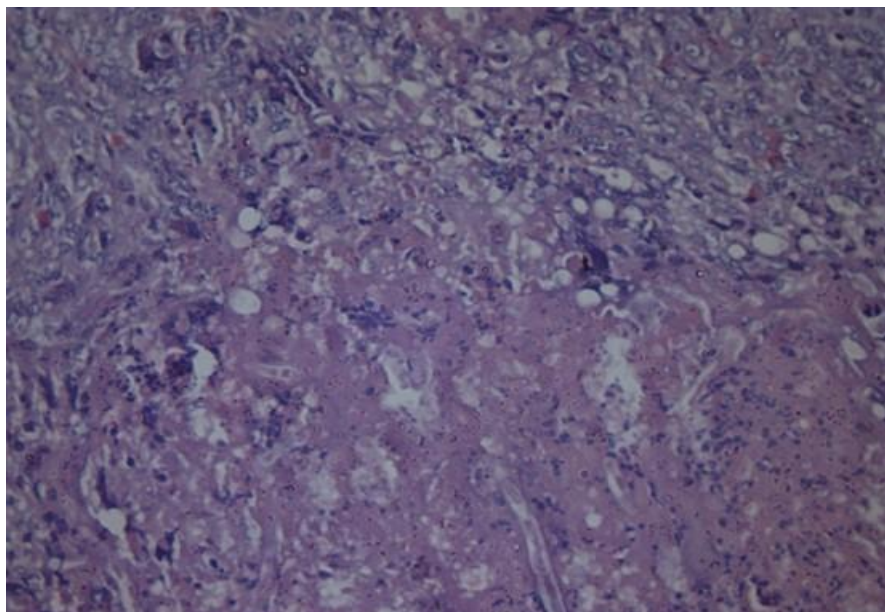
ANEXO C.12. Lectura de láminas histopatológicas de hígado de patitos Pekín



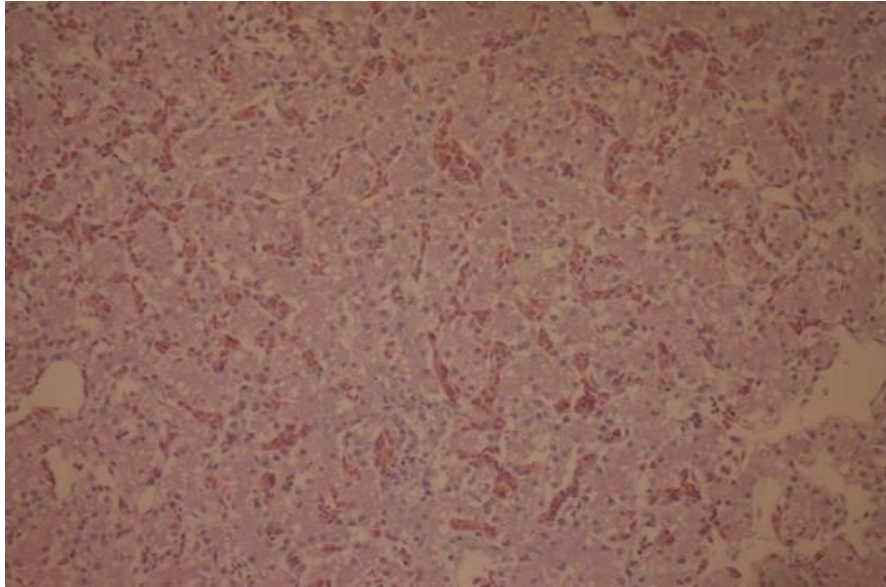
ANEXO C.13. lamina A1 (1005022): Leve degeneración de hepatocitos con extravasación de glóbulos rojos e hiperplasia de endotelio, proliferación de conductos biliares.



ANEXO C.14. D15 (1005184), severa degeneración de hepatocitos con focos de necrosis difusa. Infiltración intersticial de sustancia acidofila y fibrina, proliferación de conductos biliares e infiltración de heterofilos y polimorfonucleares.



ANEXO C.15. Lamina B23 (1004558 Moderada degeneración y necrosis de hepatocitos. Proliferación de conductos biliares heterofilos y polimorfonucleares, leve infiltración de sustancia acidofila.



ANEXO C.16. Patos Pekín del tratamiento control negativo.

