



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“Evaluación de la inclusión en la dieta de una mezcla de ácidos orgánicos encapsulados sobre las variables productivas y química sanguínea en pollos de engorda expuestos a un alimento contaminado con ocratoxina”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA;

JAVIER MARTÍNEZ REYES

Asesor: Dr. Juan Carlos Del Río García

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORPAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
DEPARTAMENTO CUAUTITLÁN.
EXÁMENES PROFESIONALES**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

"Evaluación de la inclusión en la dieta de una mezcla de ácidos orgánicos encapsulados sobre las variables productivas y química sanguínea en pollos de engorda expuestos a un alimento contaminado con ocratoxina"

Que presenta el pasante: JAVIER MARTÍNEZ REYES

Con número de cuenta: 30812660-6 para obtener el Título de la carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautilán Izcalli, Méx. a 12 de enero de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M. en C. Juan Carlos Valladares De la Cruz	
VOCAL	Dr. Juan Carlos Del Río García	
SECRETARIO	M.V.Z. Francisco Javier Cervantes Aguilar	
1er. SUPLENTE	Dr. Jesús Alberto Guevara González	
2do. SUPLENTE	Dr. Jesús Jonathan Ramírez Espinosa	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

DEDICATORIAS

Antes que todo dedico este trabajo a Dulce y Esmeralda

Por su amor y apoyo incondicional, gracias por ser mi apoyo y la vida misma, sepan ustedes que todo lo que hago es para ustedes. Dulce gracias por darme lo mejor de la vida mi pequeña Esmeralda y por siempre creer en mí, te amo.

Papas soy de ustedes lo que hoy soy los amo... gracias por todo lo que me han dado y ayudado, pero sobre todo por darme la vida.

A mi hermano, que sepa que hay diferencias y obstáculos para lograr lo que uno se propone, pero no imposibles

A mis abuelos, quienes me regalaron la inspiración de vivir cada día como si fuera el último y sobre todo por sembrar la humildad que como gente de campo me ha hecho tener los pies en la tierra.

También dedicados a todos mis pequeños amigos, desde mi perro niño (gracias por enseñarme a caminar), al igual que todos animalitos que me dieron la oportunidad de aprender. Chiquis, toto, jake, negro, cafeson y Ricky gracias por estar al pendiente de mis amores... dedicados a ustedes

...Dulce..."Nunca se sabe quién llegara a tu vida, pero lo que sí es seguro es que tú le das luz a la mía"...P.E.M.A. Te amo infinitamente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo al **Proyecto PAPIME PE207817 “Elaboración de un Manual Digital de Bacteriología y Micología con la implementación de Dos Nuevas Prácticas para la Modernización de la Enseñanza a Estudiantes de Veterinaria”**. Ya que parte del apoyo financiero sirvió para la obtención de muestras obtenidas de las aves y del alimento, para aislamiento de bacteria y hongos con capacidad toxigénica para implementar en específico la práctica de hongos y micotoxinas. Así mismo, los alumnos tuvieron la oportunidad de analizar el alimento utilizado en este proyecto al inicio, durante y al final del mismo, con la finalidad de que el estudiante tuvieran conocimiento y práctica de que un alimento mal manejado y mal almacenado puede incrementar las concentraciones de micotoxinas que impactan en la producción y salud animal.

A la UNAM y a mi FESC, por permitirme desarrollarme como profesionista y como persona para enfrentarme a los retos de la vida. Gracias darme aulas para estudiar y laboratorios para realizar mis prácticas y todos aquellos profesores quienes fueron mis mentores para comprender y razonar lo que hoy practico en mi vida laboral.

Hago mención al Dr. Juan Carlos del Rio García por su apoyo y ayuda, sobre todo por esta tesis que ha sido la oportunidad de aprender más sobre el amplio mundo de la avicultura y micotoxinas... en verdad muchas gracias por la asesoría, la orientación, le admiro su paciencia hacia mí. Gracias por compartir este proyecto conmigo.

Al jurado por tomar el tiempo suficiente para compartirme sus comentarios, orientación y apoyo.

A mis amigos de la Facultad que compartieron su vida conmigo, haciéndome participe de otra gran familia; y hoy en día siendo mis colegas.

Y sobre todo a Dios quien me dio la dicha de conocer a todos los implicados y por todas las bendiciones que he vivido.

Índice

Resumen.....	7
Introducción.....	9
Justificación.....	17
Hipótesis.....	18
Objetivo General.....	19
Objetivos Particulares.....	19
Materiales y Métodos.....	20
Metodología.....	21
Variables Productivas.....	21
Índice Morfométrico.....	22
Química Sanguínea.....	23
Diseño Experimental.....	28
Análisis Estadístico.....	28
Resultado.....	29
Variables Productivas.....	29
Variables Morfométrico.....	31
Variables Sanguíneas.....	34
Discusión.....	37
Peso.....	37
Consumo de Alimento.....	37

Índice de Conversión.....	38
Índice Morfométrico.....	39
Índice Hematológico.....	41
Conclusión.....	43
Bibliografía.....	44

Resumen

La Ocratoxina "A" (OA) es un resultado del metabolismo del hongo *Aspegillus ochraceus*. La OA tiene un efecto negativo sobre las variables productivas (peso, consumo, índice de conversión, morbilidad y mortalidad). Sin embargo la industria pecuaria y alimenticia ha buscado una serie de alternativas para minimizar el efecto de las micotoxinas presentes en los alimentos, desde el uso de carbón activado, arcillas y ácidos orgánicos entre otros. El uso de ácidos orgánicos actualmente se viene se ha propuesto como una alternativa dentro de los promotores de crecimiento no antibióticos y se sabe poco sobre el beneficio que tienen al utilizarse en alimentos que contienen Micotoxinas. Por lo que este trabajo se enfocó en evaluar a los ácidos orgánicos encapsulados al tener un efecto benéfico en aves que consumieron alimento con una concentración conocida de Ocratoxina "A".

La intención de este trabajo es evaluar el efecto de los Ácidos Orgánicos encapsulados sobre el desempeño productivo y morfofuncional en pollos de engorda que consumieron alimento con Ocratoxina "A". Analizando los parámetros productivos, determinando el Índice morfométrico de los órganos y analizando la química sanguínea de las aves expuestas a OA (200 ppm/kg de alimento); Ácidos orgánicos (0.5 kg/ton de alimento); OA (200 ppm/kg de alimento) + ácidos orgánicos (0.5 kg/ton de alimento); y un grupo control.

Las aves que consumieron alimento con Ocratoxina "A" mostraron menos peso (1405.17gr^c), mayor consumo de alimento (2863gr^b) y mayor conversión alimenticia (2.037^c). Del mismo modo el desarrollo de diversos órganos (índice morfométrico) se vio afectado por la micotoxina, así mismo se observó una disminución en la concentración de albúmina sérica (1.05mg/dL^b) y elevación de la concentración sérica de aspartatoaminotransferasa (147.21U/L^c) como indicador de daño a tejidos.

Al estar presente los ácidos orgánicos en alimentos con Ocratoxina “A” se observó mejores pesos y mejor conversión alimenticia, así como un mejor desarrollo de órganos y menor daño a los tejidos. Sin embargo, las mejores variables productivas, mejor desarrollo de órganos se obtuvieron cuando las aves solo consumieron alimento con ácidos orgánicos en comparación incluso con las aves que recibieron una dieta sin adición de ácidos orgánicos. Una explicación de tener un efecto benéfico al usar ácidos orgánicos no es que sean capaces de degradar a la ocratoxina “A”, ya que se necesitarían condiciones extremas de cambio de pH para lograr esto. El mecanismo de acción de los ácidos orgánicos es sobre la microbiota intestinal actuando como un aditivo, modulador del pH, promotor de ácidos grasos volátiles, que ayudan a mantener una salud e integridad intestinal favoreciendo una mejor absorción de nutrientes, permeabilidad selectiva e inhibición de bacterias patógenas.

Introducción

La alimentación de las aves es un factor importante en un sistema de producción, el cual tiene el riesgo por la contaminación por hongos en los piensos los cuales son capaces de producir metabolitos que resultan tóxicos para el organismo tanto animal como humano, estos metabolitos son conocidos como micotoxinas. (Berghaus et al., 2010)

En la actualidad como en el pasado se han utilizados los promotores en la alimentación, en los sistemas de producción; entre los que se encuentran los antibióticos los cuales son sustancias químicas producidas por diferentes microorganismos, y que suprimen el crecimiento de patógenos; con anterioridad los productos utilizaban éstas sustancias para control de la flora intestinal patógena de las aves. A partir de la década de los 90 en que se inició su prohibición, los avicultores se vieron en la necesidad de buscar alternativas al uso de estas sustancias. (Berghaus et al., 2010)

Después de la prohibición de los antibióticos, los productores se han visto en la necesidad de buscar alternativas al uso de estos aditivos debido a creciente preocupación de que el uso de antibióticos en dietas para animales pueden ser un factor que contribuya a la resistencia cuando se trata a los animales contra infecciones; aunque no se ha demostrado evidencia científica consistente que demuestre dicha asociación pero es una preocupación del productor para mejorar su producción, por lo que se ha potenciado el uso de otras sustancias como son: enzimas, probióticos, prebióticos y acidificantes. (Berghaus *et al.*, 2010) De todos los anteriores los que mejores resultados han mostrado son los acidificantes, pues parecen mostrar resultados más estables y homogéneos. (Berghaus *et al.*, 2010)

Entre los acidificantes lo que más destacan son los ácidos orgánicos, pues han mostrado ya efectos beneficiosos sobre el crecimiento de los animales, siendo

ampliamente usados en la industria de la alimentación animal. Una de las especies en que más ha sido utilizada es en los cerdos. (Hinton *et al.*, 1988)

Debido a esta problemática se han buscado alternativas que repliquen el mecanismo básico de un ácido orgánico, el cual pueda disminuir el pH evitando así el crecimiento de microorganismos ajenos a la flora intestinal propia de la especie animal a la que se le suministre esta sustancia. La propuesta que se ha realizado en los últimos años es el uso de los ácidos orgánicos como láctico, butírico y fórmico con el propósito de mejorar el ambiente intestinal del animal. Dentro de sus mecanismos de acción incluye reducir el pH a nivel intestinal, aumentar la actividad de ciertas enzimas (por ejemplo, las enzimas proteolíticas que ayudan a la digestión de las proteínas), disminuir la acción de microorganismos patógenos y mejorar la digestibilidad de nutrientes. (Gauthier, 2010)

Los ácidos grasos además tienen la facilidad de difundirse al interior del microorganismo y alterar procesos esenciales para su desarrollo. Se ha observado una mayor acción en contra de microorganismos gram (-), pero también ejercen efectos contra otro tipo de bacterias y hongos productores de micotoxinas. (Mateos *et al.*, 2001) Los ácidos orgánicos como el láctico y fumárico, han tenido mejor resultado en aves viéndose reducido el crecimiento de microorganismos nocivos, además de ganancia de peso en relación a otras aves que no fueron suplementadas con dicho ácidos. (Pérez *et al.*, 2005)

Una de las limitantes en el uso de los ácidos grasos es que deben protegerse previo a su ingestión, para evitar que estos se disocien antes de llegar a la porción del sistema digestivo en que se requiere su acción, es decir en la porción del intestino. Por lo cual se utilizan cápsulas lipídicas o poliméricas que liberan al

ácido al entrar en contacto con las enzimas intestinales y de esta manera ser liberados mejorando así su efectividad. (Mateos *et al.*, 2001)

La nutrición animal, en gran parte, se basa en el consumo de granos y sus derivados, estos son cosechados todo el año bajo condiciones climáticas diversas, por lo tanto, el crecimiento, cosecha y el manejo post cosecha varía de zona a zona, lo que afecta la calidad por presencia de insectos, hongos y micotoxinas de los productos finales. (Paul, 1995) Las principales micotoxinas que han sido reportadas como contaminantes naturales de granos y semillas son seis: aflatoxinas, ocratoxinas, patulina, zearalenona, citrinina y ácido penicílico. (Jelinek *et al.*, 2014)

En distintos estudios donde la suplementación de una mezcla de ácidos orgánicos y sus sales son evaluadas sobre el efecto que puede tener los parámetros productivos en pollos de engorde desafiadas a tratamientos con dieta de antibióticos, dieta con ácidos orgánicos y un tratamiento control con dieta sin promotores de crecimiento; los pollos de 42 días de edad reflejan en la conversión alimentaria de la dieta con ácidos orgánicos 5.2% mejoría que la dieta control; sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas, entre los tratamientos en cuestión del peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, porcentaje de mortalidad e índice de eficiencia productiva. (Gonzales *et al.*, 2013) Dentro de otros estudios realizados en aves de la línea Cobb-Vantress 500, los resultados permiten concluir que los ácidos orgánicos pueden reemplazar eficientemente a los promotores de crecimiento de tipo antibiótico en la alimentación de las aves. (Gonzales *et al.*, 2013)

Entre las micotoxinas con mayor impacto se encuentran las ocratoxinas, que son producidas principalmente por hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium*; existiendo de estos 7 tipos siendo la ocratoxina A la de mayor toxicidad. (Gimeno

et al., 2008) (Belli *et al.*, 2004) La ocratoxina A es una micotoxina producida por hongos micomicetos que se encuentra ampliamente distribuida como contaminante natural de cereales, legumbres y otros alimentos y que en estudios experimentales ha demostrado una gran diversidad de efectos tóxicos. (López *et al.*, 2001) El estudio de las ocratoxinas es muy importante debido a los peligros que presentan ya que se han encontrado como contaminantes naturales de los productos alimenticios tanto para consumo animal y humano, generando diferentes grados de afectación a la salud de estos, por ejemplo: en animales genera principalmente daño renal y una menor ganancia de peso y mayor conversión alimenticia lo que se refleja en pérdidas económicas para el productor. (Naccha *et al.*, 2005) La FAO determina que el 25% de los granos del mundo, están contaminados por hongos y sus micotoxinas. (Cesar *et al.*, 2000)

La ocratoxina A la cual puede formarse en cultivo de campo y durante la recolección, transporte y almacén y secado inadecuado de estos son las micotoxinas de interés, también conocida como OTA es el metabolito toxico de *Aspegillus ochraceus*, es tres veces más toxina que la aflatoxina en pollos y actúa como una nefrotoxina, durante el cuadro de ocratoxicosis, riñón aumento de tamaño y pierde el color debido a la acumulación de ácido úrico. (Galtier *et al.*, 1991)

Para la mayoría de especies animales en las que se han realizado estudios, presentan una primera y rápida absorción de la Ocratoxina A en el estómago, facilitada por sus propiedades acidas, seguida de una absorción intestinal lenta cuando entra a la sangre y la luz intestinal se da un gradiente de concentración favorable. (Gekle *et al.* 1996)

Esta toxicidad de la OTA se expresa con la disminución de la ganancia de peso lo cual es perdida para el productor, y en donde se ve afectado el interés económico

invertido en todo el sistema ya que los problemas de ocratoxicosis no es solo en un ave sino en toda la explotación pecuaria.

La OTA tiende a tener un efecto negativo sobre el peso de las aves y es severo cuando se presenta un agente infeccioso en el ave. Las aves que consumen alimento con algún tipo de micotoxina a comparación de aves que consumen alimento libre de dicho agente son aves que registran los menores pesos en las grandes explotaciones avícolas; aunque se menciona que en una dosis de 0.5 ppm de OTA no refleja una pérdida significativa en el peso, sin embargo se puede detectar signología clínica con depresión, emaciación, deshidratación y diarrea, como consecuencia este es un factor que reduce el crecimiento y peso. (Quezada *et al.*, 2000)

En investigaciones con pollos de 1 día de vida que consumen alimentos contaminados con 500 ppb de ocratoxina durante 3 semanas se observa una reducción de la ganancia de peso vivo, en comparación con su grupo control. (Gimeno *et al.*, 2003)

La ocratoxina es un potente hepatotóxico que provoca un rápido aumento del hígado, causando distensión de la vesícula biliar. En un estado más avanzado de la enfermedad el hígado se presenta friable y de coloración amarilla y la vesícula biliar muy reducida y vacía. La ocratoxina tiene una DL50 más baja que la aflatoxina (significa que es toxica a niveles más bajos) y, además de afectar al hígado, también causa lesiones importantes en riñones que se presentan pálidos y muy aumentados de tamaño, con presencia de uratos en los uréteres. Como consecuencia de estas lesiones, se produce un evidente retraso en el desarrollo de las aves, empeora el índice de conversión alimenticia e incrementa el consumo de agua y la humedad de la cama. (Santin, 2006) (Tambini *et al.*, 2010)

Histológicamente se ha indicado tumefacción de los hepatocitos, diferenciación en el tamaño de hepatocitos y de sus núcleos. En los casos crónicos se observa degeneración vacuolar en el hígado la cual corresponde a cambio graso necrosis focal acompañada a menudo por hemorragias multifocales, congestión en las sinusoides hepáticas y proliferación anormal y progresiva de ductos biliares y cálculos biliares. A medida que va progresando, se encuentra cariomegalia, numerosas estampas mitóticas, nucléolos evidentes, aumenta la proliferación de ductos biliares en los cuales se acumulan los pigmentos biliares en gran medida y fibrosis, con depósitos de reticulina y colágena; estos cambios pueden acompañarse de hepatocitos regenerados en forma nodular (hiperplasia regenerativa nodular), (Jordan *et al.*, 2002) (Kececi *et al.*, 1998) e inflamación por heterófilos y células mononucleares en las zonas portales (Groopman *et al.*, 1994) (Santuario *et al.*, 1999)

Una de las propiedades toxicocinéticas más significativas de la OTA es su alta afinidad por proteínas plasmáticas. Esta unión será determinante de la persistencia de la toxina en la sangre y por lo tanto de su toxicidad. El porcentaje de toxina unida a proteínas es muy alto en la mayoría de los casos y ello hace que en casi todas las especies estudiadas. (Gekle *et al.*, 1996) (Devegowda *et al.*, 1998)

La nefrotoxicidad provocada por el consumo de dosis menores de 0.2 mg/kg de peso corporal de OTA presenta las siguientes características: poliuria, glucosuria, proteinuria y enzimaturia. Se han realizado numerosos experimentos de toxicidad subcrónica en cerdos y aves, especies en las que frecuentemente se han producido intoxicaciones por causas naturales. La OTA ha demostrado tener numerosos efectos deletéreos sobre las aves domésticas, con graves consecuencias para los rendimientos de su crianza. (Elling *et al.*, 1975) (Gimeno *et al.*, 2003)

Una herramienta que se tiene para determinar si existen cambios significativos en la morfología de los órganos es el índice morfométrico, lo cual forma parte de una evaluación macroscópica a los órganos. Arrojando un resultado comparativo entre los tratamientos. Dicho formula es la siguiente:

$$\text{Índice morfométrico} = [\text{Peso órgano (g)}] / [\text{Peso corporal (g)}] \times 1000$$

Acerca del desarrollo de los órganos, en especial los linfoides como la Bolsa de Fabricio y el bazo, los pesos y su índices morfométrico se han utilizado para como parámetros referenciales en pollos de engorda y existe un alto coeficiente de correlación el cual indica que mantienen su crecimiento en relación al peso vivo asociado a la alimentación y el uso de aditivos como los ácidos orgánicos. (Wehner, 1999)

Actualmente se sabe que la OTA altera los parámetros hematológicos en pollos de engorde, al tener predeterminados los rangos de la aves se puede valorar cuales de estos pueden contribuir significativamente a la afectación de los parámetros productivos de los pollo de engorde. (Avilez *et al*, 2015)

El principal mecanismo de acción de la OTA hacia las proteínas es mediante la inhibición de estas mismas. La OTA inhibe la síntesis proteica a nivel post-transcripcional al inhibir competitivamente a la Fenilalanina sintetasa (Phe-tRNA sintetasa), aun cuando la afinidad de la OTA por dicha proteína es menor que a la fenilalanina (Phe), la OTA es probablemente muy efectiva cuando se acumula en las células ya que la concentración intracelular de Phe es pequeña. (Kuiper, 1991) (Kumagai, 1985) Presenta una alta afinidad por las proteínas plasmáticas, lo que determina una larga persistencia en el organismo. (López *et al.*, 2001)

La ocratoxina baja la concentración de albúmina a causa de la inhibición de síntesis de proteínas en hígado. (Krough *et al.*, 1989) (Kubena *et al.*, 1998) (Kuiper *et al.*, 1989)

En dosis elevadas de 10 mg/kg la toxina puede dar lugar a una intoxicación aguda cuyos principales signos clínicos son anorexia, pérdida de peso, poliuria, polidipsia, hemorragias digestivas y deshidratación, que provoca la muerte pocas semanas después de la administración. Se ha demostrado que los pollos son más sensibles a los efectos de la OTA en comparación con ratones y ratas. (Kumagai, 1985) (Kubena *et al.*, 1998) (Kuiper *et al.*, 1989)

Justificación

Las aves de engorda en México es el sector pecuario con crecimiento constante cada año, además de ser la principal especie productora de carne; sin embargo existen múltiples etiologías que pueden afectar la productividad. La presencia de micotoxinas en el alimento es una de las principales etiologías que constantemente están presentes. Una micotoxina de importancia en la producción avícola es la Ocratoxina “A”, la cual tiende a afectar la absorción de nutrientes en aves y disminuye la conversión alimenticia, incrementa la mortalidad, causa inmunodepresión entre otros efectos. Una de las medidas para contrarrestar los efectos adversos de las micotoxinas ha sido el uso de capturantes que absorben a las micotoxinas, sin embargo no se ha explorado de manera suficiente el uso de ácidos orgánicos como una alternativa. Los ácidos orgánicos han mostrado una serie de beneficios sobre la microbiota benéfica, la integridad intestinal, lo que puede contribuir a disminuir el efecto negativo de las micotoxinas en ausencia de un capturante, como actualmente se usa. Por lo que es importante explorar otros productos que coadyuven a una mejor producción.

Hipótesis

El uso de ácidos orgánicos encapsulados en alimento disminuirá el impacto negativo de las Ocratoxina "A" sobre las variables productivas en el pollo de engorda, mejorando el desarrollo de los órganos del aparato digestivo, sistema inmune y funcionamiento hepático minimizando el daño morfofuncional.

Objetivo General

Evaluar el efecto de Ácidos Orgánicos encapsulados sobre el desempeño productivo y morfofuncional en pollos de engorda que consumieron alimento con Ocratoxina "A".

Objetivos Particulares

1.- Evaluar el efecto sobre las variables productivas (peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) en pollos de engorda que se alimentaron con Ocratoxina "A" (OA) y en presencia o ausencia de un encapsulado de ácidos orgánicos incorporado a la dieta.

2.- Evaluar el desarrollo de órganos digestivos y linfoides (índice morfométrico) en pollos de engorda que se alimentaron con Ocratoxina "A" (OA) y en presencia o ausencia de un encapsulado de ácidos orgánicos incorporado en la dieta.

3.- Evaluar los cambios funcionales del porcentaje de hematocrito, proteínas totales, albumina; aminotransferasa y gamma glutamiltransferasa en pollos de engorda que se alimentaron con Ocratoxina "A" (OA) en presencia o ausencia de un encapsulado de ácidos orgánicos incorporado en la dieta, mediante química sanguínea.

Materiales y Métodos

- a) **Biológicos:** Se utilizaron 120 pollos de engorda estirpe Ross de ambos sexos; alimento comercial contaminado y vacuna virus vivo cepa La Sota.
- b) **Consumibles:** Kit comercial para la determinación en suero de proteínas y aspartato aminotransferasa (AST o TGO) y gamma glutamil transpeptidasa (GGT). Columnas de inmunoafinidad Ochratest (VICAM).
- c) **Equipo:** Fluorómetro y espectrofotómetro, comederos y bebederos de acero inoxidable.
- d) **Otros:** Tubos capilares, tubos de vidrio de 12 x 10, gradilla, jeringas, lector de hematocrito y refractómetro de Goldberg.
- e) **Ácidos orgánicos encapsulados:** Se utilizó mezcla comercial que contiene ácido ascórbico, sórbico y málico. La concentración utilizada fue la recomendada por el fabricante a una razón de 0.5 kg/ton de alimento.
- f) **Micotoxinas:** La toxina se obtuvo de una cepa de *Aspergillus ochraceus* productor de ocratoxina "A", la cual se inoculó en una matriz de maíz, con un AW de 0.88 y una temperatura de 37°C y se dejó incubar por un periodo de 30 a 45 días para favorecer la producción de la toxina. La concentración utilizada en alimento se ajustó a 200 µg/kg de alimento.
- g) **Instalaciones:** el trabajo se realizó en la FESC-UNAM, en la sala de necropsias, laboratorio 14 y Bioterio de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria (UIM).

Metodología

1.- Variables Productivas

Las aves fueron mantenidas en corraletas de 1x1m², con cama de viruta de madera con un grosor de al menos 10 cm. Las variables productivas evaluadas fueron consumo de alimento, peso e índice de conversión mediante las siguientes formulas y las cuales se registraron semanalmente.

Para el consumo de alimento se calculan los kilogramos de alimentos consumidos en un día $\left(\frac{\text{kg de alimento ofrecidos día } x}{\text{kg de alimento rechazado día } x} \right) = \text{Consumo del día}$, y la suma de los 7 días correspondientes de la semana nos proporcionan el consumo de alimento semanal; se promedian los consumos semanales para promediar por las semanas de duración del experimentos (4 semanas). (Jairegui, *et al.* 2013)

Para el peso medio semanal por ave se registraron los pesos de aves de la parvada, y el resultado se divide entre el número de aves pesadas: $\left(\frac{\text{Peso de las aves}}{\text{Numero de aves que se pesaron}} \right)$. (Jairegui, *et al.* 2013)

El índice de conversión indica cuánto alimento se necesita para producir 1 kilo de carne, para dicho parámetro se utilizó la siguiente formula: $\left(\frac{\text{Consumo de alimento promedio semanal}}{\text{Peso promedio semanal}} \right)$, dicho índice se promedió con las 4 semanas que se registraron. (Solla, 2017)

2.- Índice Morfométrico

El manejo, la toma de muestras y sacrificio se realizó siguiendo los lineamientos que marca la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán – UNAM a través del Subcomité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales Experimentales (CICUAE-FESC C16_17) clave y de la NOM-033-ZOO-1995 que habla del Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

Las aves fueron sacrificadas a los 28 días de edad y se practicó la necropsia. La finalidad de la necropsia fue observar posibles alteraciones morfológicas macroscópicas, así como para la obtención de órganos y registrar su peso. Los órganos pesados fueron proventrículo (sin contenido), ventrículo muscular (sin contenido), hígado, riñón, intestino completo (delgado, grueso y ciegos) sin contenido, bazo y bolsa cloacal (bolsa de Fabricio). (Giambone *et al*, 1982)

Con el peso de las aves y de los órganos se obtuvo el índice morfométrico, utilizando la siguiente fórmula $IM = (\text{Peso órgano (g)} / \text{Peso corporal (g)}) \times 1000$. (Perozo *et al*, 2004)

3.- Química Sanguínea

El proyecto de investigación tuvo una duración de 28 días y previo al manejo posterior se pesaron las aves individualmente y se identificaron, en lo sucesivo se obtuvo sangre (con y sin anticoagulante) vía punción cardiaca, para obtener el porcentaje de hematocrito, concentración de proteínas plasmáticas y química sanguínea (AST y GGT).

Se realiza la selección de las aves para obtener las muestras.

Se utilizan jeringas estériles desechables, utilizando agujas desechables. Para la punción intro-cardiaca se utilizaron jeringas de calibre 18 o 20, de 1 ½ pulgada.

La punción cardiaca, se realiza sosteniendo el ave por las dos patas con una mano, mientras opera la jeringa con la otra mano. La posición apropiada del ave es recostada con la cabeza extendida sobre la orilla de la mesa. Usando el dedo índice como guía, la aguja es introducida en la cavidad torácica en el punto más alto de la V invertida que se forma por la clavícula. La aguja se mantiene en el mismo plano que el esternón y con un ángulo hacia atrás de la cola. Normalmente se introduce la aguja completa (1 ½ pulgada) antes de llegar al corazón. Mientras se introduce la aguja se aplica una presión negativa ligera. Cuando la aguja entra al corazón, la sangre corre fácilmente hacia jeringa. Cuando la aguja está en mala posición, sin estar en el mismo plano que el esternón, entonces entra en el tracto respiratorio del ave y entra aire en la jeringa, resultando en muerte por hemorragia en el tracto respiratorio. (Grive, 2009)

Para determinar la cantidad de hematocrito se utiliza la técnica de microhematocrito, con el siguiente método:

Se llena un tubo capilar por capilaridad en $\frac{3}{4}$ partes de su longitud, se seca con cuidado el exterior con una gasa y se sella con fuego, sosteniendo el capilar

horizontalmente de modo que la sangre no se queme dentro del capilar; se coloca en una centrifuga de microhematocrito y se centrifuga a 11000 rpm durante 5 minutos, el extremo cerrado de capilar debe quedar hacia el aro exterior de la centrifuga. Terminado la centrifugación se coloca el tubo en el surco del lector de hematocrito, de modo que la capa flogística coincida con la línea perpendicular que cruza el surco; dirigiendo el paquete celular hacia el indicador rojo. Se gira el disco negro hasta que el ángulo de 90° grados de las líneas del disco toquen los extremos de la muestra total de donde inician las células hasta el menisco del plasma. El resultado se lee en la escala central inferior para determinar el porcentaje de glóbulos rojos. (Buendía A, *et al.* 2007)

La metodología para obtener las proteínas totales fue por Biuret, bajo el fundamento de que las uniones peptídicas de las proteínas reaccionan con el sulfato de cobre en solución alcalina y producen un color violeta proporcional a su concentración. (Buendía A, *et al.* 2007)

Tabla 1. Metodología para obtener proteínas totales por Biuret.

	BLANCO	TESTIGO	PROBLEMA
Agua destilada	0.1 ml	-----	-----
Patrón de proteínas	-----	0.1 ml	-----
Suero problema	-----	-----	0.1 ml
Reactivo de Biuret	5.0 ml	5.0 ml	5.0 ml
Agitar y dejar reposar durante 20 minutos a temperatura ambiente. Leer contra blanco a longitud de onda de 550 nm. Interpolar los resultados en la curva patrón o calcularlos por formula			

(Buendía A, *et al.* 2007)

Cálculos:

$$\frac{D.O. problema}{D.O. testigo} \times \text{Concetración del testigo} = g/dl$$

Mientras que para la Albumina se utilizó la metodología de verde de bromocresol del cual su fundamento consiste en que la tintura tiene la propiedad de enlazarse específicamente con la albumina produciendo un cambio de color proporcional a su concentración. El procedimiento consta de diluir cuidadosamente el suero problema y el patrón de albumina 1:10 con agua destilada. (Buendía A, *et al.* 2007)

Tabla 2. Metodología para obtener albumino por verde de bromocresol.

	BLANCO	TESTIGO	PROBLEMA
Agua destilada	0.1 ml	-----	-----
Patrón de albumina	-----	0.1 ml	-----
Suero problema diluido	-----	-----	0.1 ml
Reactivo para albumina	1.0 ml	1.0 ml	1.0 ml
Agua destilada	4 ml	4 ml	4 ml
Agitar y dejar reposar durante 5 minutos a temperatura ambiente. Leer a longitud de onda de 630 nm. Interpolar los resultado en la curva patrón o calcularlos por formula.			

(Buendía A, *et al.* 2007)

Cálculos:+

$$\frac{D.O. problema}{D.O. testigo} \times \text{Concetración del testigo} = g/dl$$

Para la determinación de Aspartato Amino Transferasa se hace realizar la metodología de Reitman-Frankel modificado, fundamentándonos en la cantidad de ácido oxaloacético que se forma en la reacción, se mide agregando una solución de dinitrofenil-hidrazina para formar la dinitrofenil-hidrazina oxaloacética, que en un medio alcalino desarrolla color café. (Buendía A, *et al.* 2007)

Tabla 3. Metodología para determinar AST por Reitman-Frankel.

Pipetear en un tubo de ensayo	PROBLEMA
1. Sustrato para AST	0.5 ml
2. Incubar en baño maría a 37°C durante 5 minutos	
3. Suero problema	0.1 ml
4. Incubar en baño maría a 37°C durante 30 minutos exactos	
5. Sacar del baño y agregar inmediatamente 24, dinitrofenil-hidrazina	0.5 ml
6. Mezclar y dejar reposar 20 minutos a temperatura ambiente	
7. Agregar Hidroxido de sodio 0.4 N	5.0 ml
Mezclar y dejar reposar 10 minutos a temperatura ambiente. Leer a longitud de onda de 505 nm contra agua destilada. Interpolar los resultados en la curva patrón correspondiente.	

(Buendía A, *et al.* 2007)

Por último, para la determinación de la Gama Glutamil Transferasa se realiza la misma metodología de Reitman-Frankel modificado, y con el mismo fundamento en la cantidad de ácido oxaloacético que se forma en la relación. (Buendía A, *et al.* 2007)

Tabla 4. Metodología para la obtención de GGT por Reitman-Frankel modificado.

Pipetear en un tubo de ensayo	PROBLEMA
1. Sustrato para GGT	0.5 ml
2. Incubar en baño maría a 37°C durante 5 minutos	
3. Suero problema	0.1 ml
4. Incubar en baño maría a 37°C durante 30 minutos exactos	
5. Sacar del baño y agregar inmediatamente 24, dinitrofenil-hidrazina	0.5 ml
6. Mezclar y dejar reposar 20 minutos a temperatura ambiente	
7. Agregar Hidroxido de sodio 0.4 N	5.0 ml
Mezclar y dejar reposar 10 minutos a temperatura ambiente. Leer a longitud de onda de 505 nm contra agua destilada. Interpolar los resultados en la curva patrón correspondiente.	

(Buendía A, *et al.* 2007)

Diseño Experimental.

Se utilizaron 120 aves de un día de edad, estirpe Ross para aplicar 4 tratamientos con tres repeticiones cada uno. El trabajo experimental tuvo una duración de 28 días. El diseño experimental se conformó con los siguientes tratamientos:

- I) Control ----- C
- II) Ácidos Orgánicos (0.5 kg/ton de alimento) ----- AC
- III) Ocratoxina (200 μ g/kg de alimento) ----- OA
- IV) OA (200 μ g/kg de alimento) + Ácidos Orgánicos (0.5 kg/ton de alimento) ----- AcOA

El consumo de agua y alimento fue *ad libitum*. Las aves consumieron alimento de iniciación del día 0 al 28 de edad.

Análisis Estadístico

Se utiliza un análisis completamente al azar, en el cual para medir los resultados se utilizó ANDEVA y para la separación de medidas se empleó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). El software utilizado fue Stargraphic 5.1 plus.

Resultados

Variables Productivas.

Dentro de las variables productivas promedio se obtuvieron los siguientes resultados: las aves que obtuvieron mejor peso fueron las aves del tratamiento Ac, con un peso promedio de 1500.83 gr al compararlo con los otros tratamientos, mostró diferencia estadística ($p < 0.05$). En cuanto las aves con tratamiento C y AcOA promediaron pesos similares, 1482.17 y 1467.0 gr respectivamente, ($p > 0.05$). Mientras que las aves con el menor peso promedio fueron las del tratamiento OA (1405.1 gr) siendo diferente estadísticamente con los tres tratamientos restantes ($p < 0.05$). (Tabla 5)

En cuanto al consumo de alimento, las aves del tratamiento que promediaron mayor consumo fueron las aves del tratamiento OA con 2863 ± 0.58 gr, siendo estadísticamente diferente a los demás grupos (< 0.05). Mientras que los pollos de los tratamientos C, AC y AcOA no mostraron diferencia estadística debido a que promediaron 2861.17 gr, 2860.33 gr y 2861.33 gr respectivamente (> 0.05). (Tabla 5)

Uno de los parámetros evaluados en el trabajo es el índice de conversión, el cual nos indica cuanto alimento se necesita para producir 1 kilo de carne, obteniéndose de la división del consumo de alimento promedio de las aves entre el peso promedio de las mismas (Kuiper-GT, *et al.* 1989). Como se observa en la tabla, las aves que obtuvieron el mejor índice de conversión (IC) fueron las del tratamiento Ac (1.905) en comparación con los otros tratamientos ($p < 0.05$). Las aves de los tratamiento C y AcOA tuvieron un IC promedio de 1.929 y 1.950 respectivamente, no mostrando diferencia estadística entre ellos ($p > 0.05$). Mientras que las aves con el peor IC promedio fueron las aves del tratamiento OA (2.037) siendo diferente estadísticamente con los 3 tratamientos restantes ($p < 0.05$). (Tabla5)

Tabla 5. Efecto de las mezclas de Ac sobre las variables productivas promedio en el pollo de engorda.

Tto	PESO (gr)		CONSUMO (gr)		IC	
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar
C	1482.17 ^b	1.45	2861.17 ^a	0.41	1.929 ^b	0.19
Ac	1500.83 ^a	1.60	2860.33 ^a	0.41	1.905 ^a	0.28
OA	1405.17 ^c	1.86	2863 ^b	0.58	2.037 ^c	0.24
AcOA	1467.00 ^b	2.46	2861.33 ^a	0.53	1.950 ^b	0.29
C (control negativo), Ac (ácidos orgánicos); OA (ocratoxina "A"); AcOA (ácidos orgánicos + ocratoxina)						
Media ± error estándar						
Literales diferentes dentro de cada columna indican diferencia estadística entre las medias.						

Índice Morfométrico.

Para obtener el índice morfométrico se evaluaron 6 órganos (proventrículo, proventrículo muscular, intestino, hígado, bazo y bolsa de cloacal). El proventrículo en el tratamiento Ac tuvo en promedio un índice morfométrico (IM) de 2.74, lo que indica un mejor desarrollo, mostrando diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) con los siguientes tratamientos: el tratamiento C con 2.60 y 2.56 en el tratamiento AcOA; el tratamiento con menor desarrollo registrado fue el de las aves que consumieron ocratoxina con un IM promedio de 2.27. (Tabla 6)

Al obtener el índice morfométrico del proventrículo muscular se observó en el tratamiento AC (3.00) y C (2.99) un mejor desarrollo ($p > 0.05$). Mientras que las aves que consumieron alimento con la micotoxinas mostraron en promedio con un menor desarrollo (OA) 2.41 siendo estadísticamente diferente con los otros 3 tratamientos ($p < 0.05$). En la tabla 2, se puede observar que la presencia de ácidos orgánicos, aun en presencia de ocratoxina tiene un efecto benéfico, ya que aunque el IM fue de 2.99, estadísticamente no mostró diferencia con el tratamiento Control ($p > 0.05$). (Tabla 6)

El desarrollo de intestino en las aves que consumieron ácidos orgánicos (Ac) tuvo un IM 6.39 promedio, siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos ($p < 0.05$). Seguido del tratamiento AC, el tratamiento C (5.89) y AcOA (5.68), no mostraron diferencia estadística entre ellos ($p > 0.05$), pero si con el tratamiento OA (IM 5.03). La presencia de ácidos orgánicos al igual que en el proventrículo muscular ayuda a mantener crecimiento en el intestino. La presencia de ocratoxina A en el alimento del tratamiento OA afectó negativamente el crecimiento intestinal, al igual que en el proventrículo y proventrículo muscular. ((Tabla 6)

El hallazgo morfológico macroscópico del hígado en las aves que consumieron ocratoxina mostró bordes redondeados, indicativo de aumento de tamaño, el cual se corroboró con el IM de 3.27 ($p < 0.05$) el mayor de todos los tratamientos. Los tratamientos C, AC y ACOA (2.56, 2.49 y 2.66) no mostraron diferencia estadística entre ellos ($p > 0.05$). (Tabla 6)

En el caso particular de la bolsa cloacal (bolsa de Fabricio) y el bazo se basó en lo descrito por Giambone et al., (1982). (Tabla 6)

El índice morfométrico del bazo y bolsa de Fabricio, nos permite conocer el estado inmunológico de las aves en los distintos tratamientos. En este estudio el bazo mostró en el tratamiento C un IM de 1.20 y en el Ac de 1.16 siendo los mejores IM ($p < 0.05$) con respecto a los otros dos tratamientos, ya que el tratamiento AcOA el IM fue de 1.11 siendo no significativo estadísticamente a estos ($p > 0.05$); el grupo de las aves con tratamiento expuesto a OA fue menor a 1 con un promedio de 0.62 siendo significativo estadísticamente ($p < 0.05$). (Tabla 6)

Los tratamientos de las aves C y Ac promediaron 1.78 siendo los mejores promedios y siendo significativos estadísticamente ($p < 0.05$). A pesar que también este índice (< 1) se presentó en las aves que consumieron ocratoxina y ácidos orgánicos (AcOA) fue más severo en aquellas aves que consumieron ocratoxina (OA) únicamente. (Tabla 6) órgano

Tabla 6. Índice morfométrico promedio en el pollo de engorda

ÓRGANO	TRATAMIENTO							
	C		Ac		OA		AcOA	
	\bar{x}	E.E	\bar{x}	E.E	\bar{x}	E.E	\bar{x}	E.E
PROVENTRÍCULO	2.60 ^b	0.02	2.74 ^a	0.07	2.27 ^c	0.02	2.56 ^b	0.04
PROVENTRÍCULO MUSCULAR	3.00 ^{ab}	0.11	3.15 ^a	0.14	2.41 ^c	0.14	2.99 ^b	0.18
INTESTINO	5.89 ^b	0.11	6.39 ^a	0.10	5.03 ^c	0.16	5.68 ^b	0.27
HÍGADO	2.56 ^a	0.12	2.49 ^a	0.17	3.27 ^b	0.18	2.66 ^{ab}	0.18
BAZO	1.20 ^a	0.02	1.16 ^a	0.08	0.62 ^c	0.05	1.11 ^b	0.06
BOLSA DE FABRICIO	1.78 ^a	0.18	1.78 ^a	0.28	0.764 ^c	0.22	0.959 ^b	0.27
<p>C (control negativo), Ac (ácidos orgánicos); OA (ocratoxina “A”); AcOA (ácidos orgánicos + ocratoxina)</p> <p>Media ± error estándar Literales diferentes dentro de cada columna indican diferencia estadística entre las medias.</p>								

Variables sanguíneas.

El porcentaje de hematocrito en promedio en los distintos tratamientos son similares en todos los tratamientos ($p>0.05$). El tratamiento OA mostró un 36.80%, seguido del grupo C con 33.83% y posteriormente al 33.46% de las aves tratadas con Ac; el porcentaje mínimo lo registro en promedio el tratamiento AcOA con el 32.17%.(Tabla 7)

Referente a las proteínas sanguíneas totales, la presencia de ocratoxina (OA) afecto su concentración respecto a los demás grupos con un registro de 2.34g/dL ($p>0.05$); el tratamiento C promedio 3.43g/dL, mientras el tratamiento en aves expuesta a ácidos orgánicos (Ac) promediaron 3.46 g/dL, el tratamiento AcOA registro 3.39g/dL siendo no representativo estadísticamente entre los tres tratamientos ($p<0.05$). Esto evidencia una correlación con la lesión hepática, lo cual explica que aunque el hígado era el órgano más pesado (con mayor IM) en las aves con tratamiento AO, el aumento de tamaño era una respuesta patológica, alterado la concentración las proteínas totales. (Tabla 7)

En el estudio de la albumina el tratamiento C registro un promedio de 1.76mg/dL, seguido del tratamiento Ac con 1.68mg/dL; el tratamiento AcOA registro 1.67 mg/dL siendo en promedio similar entre estos tratamientos ($p>0.05$). Sin embargo, el tratamiento que registro el nivel más bajo fue el OA con 1.05 mg/dL ($p<0.05$), afectando la micotoxina la síntesis de albúmina. (Tabla 7)

La mayor concentración de la enzima AST se registró en el tratamiento OA con 147.21 U/L ($p<0.05$). En los tratamientos C y Ac se registraron una concentración de 97.65 U/L y 96.86 U/L respectivamente, siendo los tratamientos con menor liberación de AST por lesión celular y al compararse entre ellos no se observa diferencia estadística ($p>0.05$), pero si hay diferencia al compararlos con los tratamientos con ocratoxina ($p<0.05$). Del mismo modo el tratamiento AcOA

registró una concentración sérica de 127.71U/L inferior a la observada en las aves que consumieron la ocratoxina (<0.05), pero mayor a las aves que no la consumieron (p<0.05). (Tabla 7)

La lectura de GGT en el tratamiento C promedio 71.40U/L, en cuanto a las aves expuestas a ácidos orgánicos (Ac) registraron 72.52U/L. El tratamiento OA registro 75.53U/L y por último el tratamiento AcOA promedio 72.18U/L. La concentración de GGT no se vio afectada en ninguno de los tratamientos (p>0.05). (Tabla 7)

Tabla 7. Variables sanguíneas y química sanguínea promedio en el pollo de engorda.

Tto	HEMATOCRITO (%)		PROTEÍNAS TOTALES (g/dL)		ALBÚMINA (mg/dL)	
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar
C	33.83 ^a	1.27	3.43 ^a	0.33	1.76 ^a	0.05
Ac	33.46 ^a	0.80	3.46 ^a	0.21	1.68 ^a	0.06
OA	36.80 ^a	2.41	2.34 ^b	0.19	1.05 ^b	0.05
AcO A	32.17 ^a	1.78	3.39 ^a	0.24	1.67 ^a	0.04
C (control negativo), Ac (ácidos orgánicos); OA (ocratoxina “A”); AcOA (ácidos orgánicos + ocratoxina)						
Media ± error estándar Literales diferentes dentro de cada columna indican diferencia estadística entre las medias.						

Tto	AST (U/L)		GGT (U/L)	
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar
C	97.65 ^a	2.73	71.40 ^a	1.61
Ac	96.86 ^a	2.22	72.52 ^a	1.16
OA	147.21 ^c	3.94	75.53 ^a	3.21
AcOA	127.71 ^b	3.44	72.18 ^a	1.64

AST (Aspatato aminotransferasa); GGT (gamma glutamiltransferasa)

Discusión

Peso. El efecto de los ácidos orgánicos y de las micotoxinas sobre el peso ya ha sido descrito por otros autores. Por ejemplo Fatufe *et al.*, (2011), al evaluar el efecto de probióticos, ácidos orgánicos y la combinación de los mismos, observaron que los ácido no afectan la acción de los probióticos en el peso de los pollos, pero si refleja un aumento en el peso de final, obteniendo hasta 15 g., más de peso en las aves. Aunque en este estudio no se utilizó una combinación con prebióticos, se puede observar que en los tratamientos donde se utilizó ácidos orgánicos se obtuvieron mejores pesos, incluso si estaba presente la ocratoxina.

En estudios donde se han utilizado micotoxinas para evaluar el desempeño productivo también se han reportado efectos sobre el peso. Fierro *et al.*, (2008) utilizaron una concentración de 850 ppb de OA, observando menores pesos en las aves, atribuyéndolo al rechazo del alimento y como consecuencia disminución del consumo. En este estudio solo se utilizó 200 ppb y no se observó rechazo del alimento, pero si un incremento en el índice de conversión. Otro grupo de investigadores que utilizaron una concentración cercana a la de este trabajo fue Cevallos *et al.*, (2007) utilizando 0.5 mg/Kg (500 ppb). Sin embargo ellos no observaron afectadas las variables productivas. Lo que difiere de este trabajo realizado.

Consumo de Alimento. Las aves que consumieron ocratoxina A con y sin ácidos orgánicos tuvieron una tendencia a consumir mayor cantidad de alimento que el grupo control. En una explotación pecuaria mientras más elevado sea el consumo de alimento más es el costo de producción y por lo tanto menor rentabilidad (Pérez *et al.*, 2014, Solla., 2015). Este mismo grupo de investigadores mencionan que con la adición de ácidos orgánicos ellos obtuvieron menores consumo de alimento entre 1-3 g. similar a lo obtenido en éste estudio, donde incluso se obtuvieron

consumos menores de alimento por ave entre 5-10g. Una explicación que da este grupo de investigadores, es que los ácidos orgánicos mantienen una microbiota intestinal estable, manteniendo un intestino íntegro y con mejor capacidad de absorción de nutrientes.

Otra explicación que dan otros autores es como los ácidos orgánicos tienen un efecto benéfico es la que da Naranjo *et al* (2014) explicando que los ácidos orgánicos en aves y cerdos mejoran el ambiente gastro-intestinal del animal al reducir el pH, que tiende a un incremento del ácido clorhídrico en estómago y proventrículo, incrementando la actividad de enzimas que transforman el pepsinogeno en pepsina, mejorando la degradación de proteínas en el alimento. Otro efecto de los ácidos orgánicos que mencionan es que el cambio de pH de manera ligera disminuye la acción de microorganismos patógenos y mejorar la digestibilidad de nutrientes por acción de la microbiota benéfica (lactobacilos, enterococcus, etc).

Índice de Conversión. Como se observó en este estudio la presencia de ocratoxina A afecta de forma negativa la conversión alimenticia; además se observó en este estudio un efecto positivo en el tratamiento con ácidos orgánicos (AO), ya que mejoran la conversión incluso al estar presente la micotoxina (AcOA). Este mismo efecto de los ácidos orgánicos sobre el índice de conversión fue observado por Naranjo (2014). Cabe destacar que los resultados semejantes al trabajo de Naranjo (2014) se observaron en el tratamiento que recibió ácidos orgánicos y ocratoxina "A" (AcOA).

Si bien en este trabajo y otros se menciona un efecto benéfico del uso de los ácidos Gautier *et al.*, (2002) menciona que la inclusión de los ácidos orgánicos en el alimento debe ser adecuado, ya que los niveles altos de ácidos orgánicos no protegidos pueden deprimir el crecimiento y descalcificar el hueso, ya que las aves

tienen que compensarlo para mantener la homeostasis en sus procesos fisiológicos, alterando la absorción de calcio a nivel intestinal y la reabsorción a nivel renal. En este estudio se utilizaron ácidos orgánicos protegidos (encapsulados).

Índice Morfométrico. La determinación de los índices morfométricos es una herramienta que permite inferir indirectamente si los órganos se están desarrollando en forma adecuada en correlación con el peso corporal del pollo. Sin embargo, también es una herramienta que puede establecer el crecimiento o desarrollo patológico de un órgano (Perozo *et al.*, 2004).

Como se pudo observar en este estudio el índice morfológico evaluado en el proventrículo, intestino y el proventrículo muscular se vio favorecido en las aves que consumieron alimento con adición de ácidos orgánicos (Ac), incluso en presencia de la ocratoxina “A” mostró un efecto benéfico. Los resultados de este concuerda a lo reportado por Gómez *et al.*, (2009) y Pérez *et al.*, (2005), quienes también observaron en las aves con mejores pesos corporales un mejor desarrollo de éstos órganos.

El efecto de la ocratoxina A sobre el desarrollo de los órganos también ha sido ya reportado por (Jaramillo, 2011), sin embargo dicho grupo de investigación observó este efecto negativo de la ocratoxina “A” sobre el desarrollo de los órganos después de transcurridos 22 días de consumo del alimento con la micotoxina. De igual manera Jaramillo utilizó una dosis de 5000g/Ton de ácidos orgánicos, las aves que se alimentarán con dicho tratamiento no presentaron defectos en los órganos, no así las aves que se expusieron a micotoxinas. Esto concuerda con lo observado en este estudio, en donde los órganos con menor desarrollo fue para las aves que consumieron ocratoxina “A” en su dieta (Gómez *et al.*, 2009, Perozo *et al.*, 2006).

El mejor desarrollo de los órganos tiene una correlación directa con la ganancia de peso, debido a que órganos con mejor desarrollo estructural tienen una función lo que favorece una mejor absorción de nutrientes, lo que se refleja en una mejor conversión alimenticia.

Respecto al índice morfométrico en el hígado, Santin *et al*, (2006), reportó un incremento en el tamaño al utilizar ocratoxina a una concentración de 50µg/kg de alimento. Sin embargo este aumento de volumen y de peso se debió a una hepatitis vacuolar, trastorno degenerativo que causa la reducción de metabolismo hepático. En este estudio se puede observar el mismo efecto de incremento en el índice morfométrico, cabe recordar que en este estudio la concentración de ocratoxina “A” fue de 200µg/kg de alimento

La respuesta inmune es un mecanismo efectivo para proteger al hospedador de diversos agentes patógenos, por lo que el desarrollo adecuado del bazo y de la bolsa cloacal se verá reflejado en una respuesta inmune efectiva. En el caso particular de la bolsa cloacal (bolsa de Fabricio) y el bazo, el análisis de los datos se basó en lo descrito por Giambrone *et al.*, (1982), donde estos investigadores indican que valores en el índice morfométrico correlacionando bazo y bolsa cloacal entre 1.5 a 3.0 equivale a una bursa normal, 0.5 a 1.5 a una atrofia bursal, y menor o igual a 0.5 a una severa atrofia bursal. Los resultados obtenidos en este estudio con el uso de ácidos y en presencia o ausencia de ocratoxina “A” si tuvo un efecto sobre el desarrollo del bazo y bolsa cloacal. Los ácidos orgánicos tienen un efecto positivo sobre el desarrollo, mientras que la ocratoxina “A” tiene un efecto negativo, como se observa en los resultados.

En los trabajos realizados por Perez *et al* (2005) y Berghaus *et al* (2010) al evaluar el índice morfométrico del bazo nos permite conocer el estado inmunológico de las aves en los distintos tratamientos, obteniendo valores menores a 1, al igual que en

éste estudio. Investigadores como Pérez *et al.*, (2005) y Berghaus *et al.*, (2010) también reportaron que el uso de ácidos orgánicos tiene un efecto positivo sobre el desarrollo del bazo, al evaluar el índice morfométrico.

Dentro del análisis realizado a la bolsa de cloacal la presencia de ocratoxina A (OA) en el alimento afecto también negativamente el índice morfométrico, similar a lo reporto por Panic *et al.*, (1990). Éste mismo investigador explica que la falta de desarrollo de la bolsa cloacal puede deberse a una inhibición no específica en las fracciones proteicas produciendo también una atrofia y/o depleción linfoide, y por ende inmunodepresión de las aves. La inmunosupresión e las aves es un síndrome clínico, consistente con la disminución o ausencia de células linfoides (depleción linfoide), dicha condición es inducida por diferentes factores, entre ellos las micotoxinas como la OA que se considera inmunosupresora por la disfunción temporal o permanente del sistema inmune afectando al ave en su capacidad de sintetizar anticuerpos, sustancias humorales (citosinas, interferón y proteínas del sistema complemento), afectando el número y funcionalidad de los glóbulos tanto rojos como blancos, disminuyendo la capacidad de quimiotáctica y fagocítica de heterófilos, monocitos y macrófagos; estas alteraciones complican la capacidad de ofrecer resistencia a las enfermedades comprometiendo la repuesta productiva del lote de aves como explica Ulloa *et al.*, (1999) y que de igual manera se correlaciona con los parámetros productivo bajos en aves que se alimentaron con OA. El uso de ácidos orgánicos también han mostrado tener un efecto positivo sobre el desarrollo de los órganos linfoides (Racin, 1990 y Pérez *et al.*, 2005).

Variables Hematológicas.

El porcentaje de hematocrito en este estudio no mostró diferencia estadística entre los tratamientos. Lo cual difiere por lo reportado por Lastra (2000), Quezada *et al.*, (2000) y Calnek (2003), quienes observaron una disminución del

hematocrito en aves que consumieron ocratoxina “A”, debido a depleción de la médula ósea, la cual no se valoró en este estudio.

Respecto a la concentración de proteínas totales, así como de albúmina fueron menores en las aves que consumieron ocratoxina “A” en el alimento. Esto mismo ha sido reportado por varios investigadores, quienes mencionan que esta baja en la concentración de proteínas es debido a la lesión hepática (Lanza *et al.*, 1980, Kubena *et al.*, 1993 y 2002, Ogguz *et al.*, 2002, López *et al.*, 2001). Esto mismo se observa en este estudio, ya que la concentración sérica de AST y GGT en las aves que consumieron alimento con ocratoxina “A” fue el más elevado, sin embargo al estar presente los ácidos orgánicos se vio un efecto benéfico Latimer *et al.*, (2005).

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en este estudio podemos concluir lo siguiente:

- La ocratoxina "A" tiene un efecto negativo sobre las aves como se ha descrito en otros estudios a una concentración de 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de alimento.
- La presencia de ácidos orgánicos tienen un beneficio sobre el desarrollo de los órganos del aparato digestivo, sistema inmune y funcionamiento hepático.
- El suministro de ácidos orgánicos encapsulados en el alimento que contiene ocratoxina "A" aparentemente disminuye el efecto negativo que ocasiona la ocratoxina "A" en aves.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Avilez Colon BL, Rúgeles Pinto CC, Jabib Ruiz, Herrera Benavides YM. (2015). Parámetros hematológicos en pollos de engorde criados en una granja de producción cerrada en el trópico bajo. *Rev. Med. Vet.*; (29): 33-39
2. Belli N, Pardo E, Marin S, Farré G, Ramos JA, Sanchis, V. (2004) Occurrence of ochratoxin A and toxicogenic potencial of fungal isolates from Spanish grapes. *J. Sci. Food Agric*:84:591-594.
3. Berghaus R., Camacho Fernández D., Cholick H., Dibner J., Hofacre C., Montoya FA, Quiroz M., Thayer S., Young S. (2010). Uso de una combinación de ácidos orgánicos en el agua de bebida para reducir *Salmonella SPP.* y *Campylobacter SPP.* en pollos de engorda”. *Novus International de México*, Vol. V, Págs 1-25.
4. Buendía A., Catañeda G., García L., Mondragon G., Rangel I., Valdibia G. (2007) *Manual de Practicas de Laboratorio Clínico.* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
5. Cesar D. (2000) Micotoxicosis. *Plan Agropecuario*: Enero – Febrero: 46-50.
6. Devegowda G, Raju MVLN, Afzali N, Swamy HVLN. (1998) Mycotoxin picture worldwide: Novel solutions for their counteraction”. In: Lyons, T.P. & Jacques K.A. Eds. *Biotech. In the Feed Id.*:241-255.
7. Devegowda G, Swamy HV. (1998). Mycotoxin Picture worldwide”. *Novel Solutions for their counteraction.* *Feed Compounder*: 18(6): 22-27.

8. Elling F, Halg J, Jacobsen C, Krogh P. (1975) Spontaneous toxic nephropathy in poultry associated with ochratoxin A. *Acta Pathol. Microbiol. Et Immunol. Scand.*:83:739-745.
9. Fatufe, A.A., Matanmi, I.O. (2011) Effect of probiotics, organic acids or their mix on the growth performance of startin cockerels. Department of Animal Science. *Arch Zootec.* 60 (229): 149-152. Nigeria.
10. Fierro HJ. (2008) Toxicidad de la aflatoxina B1 y Ocratoxina A en Pollos de Engorda". *Avicultura. NUTEK. CLANA.*
11. Galtier P. (1991) Pharmacokinetics of ochratoxin A in animals. En: Castegnaro M, Plestina R, Dirheimer G, Chernozemsky IN, Bartsch H. *Mycotoxins, Endemic Nephropathy and Urinary Tract Tumours.* Lyon: IARC Sci. Public.: 115-187.
12. Gauthier R. (2002) La salud intestinal: Clave de la Productividad-El caso de los ácidos orgánicos. Jefe Nutrition Inc. Canadá.
13. Gauthier R. (2010). La Salud Intestinal: Clave de la Productividad - El Caso de los Ácidos Orgánicos Jefe Nutrition Inc.
14. Gekle M, Silbernagl S. (1996) Renal Toxicodynamics of ochratoxin A: a pathophysiological approach. *J. of Biopharma. Sci.*: 1 277-304.
15. Giambri J. Yu M. Eckman M. (1982) Field trials with an oil emulsion infectious bursal disease vaccine in broiler breeder pullets. *Poultry Sci.* 61: 1823-1827.
16. Gimeno A. Ligia M. (2008) Micotoxicosis en Pollos y Gallina. XLV Curso Avimex Salud y Productividad. España.

17. Gimeno A. Martins ML. (2003) Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos. Special Nutrients, Inc. USA.: Editorial Talleres graficos del SRL, Argentina. Pags. 1-160.
18. Gómez, D., Hernadez, L. (2009) Evaluación de la eficiencia de tres niveles de inclusión de acidificante Acidtek Av en la mortalidad, consumo de alimento, ganacia de peso e índice de conversión en aves de genética ross en granja experimental de Colombia .ZOOTEK. Colombia.
19. Gonzales AS, Icochca DE, Reyna SP, Guzman GJ, Carzola MF, Lúcar J, Carc F. (2013) Rev. Inv. Perú.; 24 (I). 32-37.
20. Grive D. (2009) Manera apropiada de extraer y de manipular las muestras de sangre y de suero en las aves. HY-LINE UNTERNATIONAL. Perú.
21. Groopman JD, Eaton DL. (1994). Aflatoxins. 1st. Edition Editorial Elsevier, E.U.A.: 250-267.
22. Hinton M. Y Linton A.H., (1988). Control of salmonella infections in broiler chickens by acid treatment of feed. Vet. Record, 123, 416-421.
23. IARC. (1993) Ochratoxin A. En: Some naturally is occurring substances: food ítems and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins". IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 56: 489-521.
24. Jairegui, I, Sanchez K, Calvario J, Ocampo M, De la Sancha O. (2013). Fórmulas para calcular parámetros productivos en aves. UAG. UAMVZ. México
25. Jaramillo BA. (2008) Evaluation combined of a prebiotic an organic acido n intestinal health and performan in broilers chickens" Universidad Nacional

De Colombia Sede Palmira. Facultad De Ciencias Agropecuarias.
Universidad De Tolima. Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia.
Ibague.

26. Jaramillo BA. (2011) Evaluation combined of a prebiotic and organic acids on intestinal health and performance in broiler chickens. Universidad Nacional de Colombia.
27. Jelinek CF, Pohhland AE. (2014). Worldwide occurrence of mycotoxins in foods and feeds-an update.
28. Jordan ET, Pattison M. (2002). Poultry Diseases. 5th Edition, E.U.A.: W.B. Saunders: 394-395.
29. Kececi T, Ooguz H, Kurtoglu V, Demet O. (1998). Effects of polyvinylpyrrolidone, synthetic zeolite, and bentonite on serum biochemical and haematological characters of broiler chickens during aflatoxicosis. Brit. Poult. Sci.: 39: 452-458.
30. Krough P, Elling F. (1976) Fungal toxins and endemic (Balkan) nephropathy. The Lancet, July: 40.
31. Kubena LF, Harvey RB, Bailey RH, Buckley SA, Rottinghaus GE. (1998) Effects of hydrated sodium calcium aluminosilicate (T-Bind) on mycotoxicosis in Young broiler chickens". Poult. Sci.: 77: 1502-1509.
32. Kubena LF, Harvey RB, Bailey RH, Buckley SA, Rottinghaus GE. (1998) Effects of hydrated sodium calcium aluminosilicate (T-Bind) on mycotoxicosis in young broiler chickens". Poult. Sci.: 77: 1502-1509.
33. Kubena LF, Huff WE, Harvey RB, Yersin AG, Elissalde MH, Yersin AG, Phillips TD, Rottinghaus GE. "Efficacy of a hydrated sodium calcium

- aluminosilicate on growing turkey poults during aflatoxicosis". J.Poult. Sci.:70: 1823-1830.
34. Kuiper-GT, Scott PM. (1989) Risk assessment of the mycotoxin ochratoxin A. Biomed. & Enviro. Sci.: 2: 179-248.
35. Kuiper-GT. (1991) Risk assessment of ochratoxin A residues in food. En: Catednaro .M, Plestina R, Dirheimer G, Chernozemsky IN, Bartsch H. Mycotoxins, Endemic Nephropathy and Urinary Tract Tumours. Lyon. IARC Sci. Public.: 115-307.
36. Kumagai S. (1985) Ochratoxin A: plasma concentration and excretion into bile and urine in albumin deficient rats. Food & Chem. Toxicol. 23: 941-943.
37. Lastra MJ. (2000). La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000" Dirección General de Ganadería del Centro de Estadística Agropecuaria: <http://sagar.gor.mx>
38. Latimer K, Mahaffey E, Prasse K. (2005) Duncan & Prasse's Patología Clínica Veterinaria" Capitulo VII. Hígado. 4° Ed. Multimédica. España. ISBN 84-96344-10-X. Pág. 244.
39. López A, Jiménez A, Ezpeleta O, Bello J. (2001) Efectos tóxicos de la ocratoxina A. Dpto. de Bromatología, Tecnología de Alimentos y Toxicología. Facultad de Farmacia. Pamplona.
40. Marquardt RR, Frhlich AA. (1992) A review of recent advances in understanding ochratoxicosis". J. of Anim. Sci. 70: 3968-3988.
41. Mateos G.G., Lázaro R. Y Medel P., (2001). Feeding strategies for intensive livestock production without in feed antibiotic growth promoters. Options Méditerranéennes, 54, 11-16.

42. Naccha L, Cavazos N, Torres A, Castillo M, Robledo A. (2005). Ocratoxinas y su impacto en la salud. Ciencia UANL. 373-374.
43. Naranjo V., García A., y Palomo G. (2014) Alternativas a los antibióticos en producción de cerdos (II). SUIIS. N° 111 Octubre. Pag.22-25.
44. Ogguz H, Kurtoglu K, Kurtoglu, V. and Birdane YO. (2002) Evaluation of biochemical characters of broiler chickens during dietary aflatoxin (50 and 100 ppb) and clinoptilolite exposure". Res. In Vet. Sci.: 73: 101-103.
45. Pacin A. (1990) Micotoxicosis por ocratoxina A Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. Vol. XXIV, No. A 385-399.. ISSN 03251-2957.
46. Paul, St. (1995) Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists", MN. The Association: St. Paul, 9th Ed.
47. Pérez OJ, Mogollón HF, Suarez CS, Salas UR, Bernal SJ. (2014) Mycotoxin poisoning in broiler chickens: case report. Revista CITECSA. Vol. 4. No. 7-enero. Colombia. ISSN: 2027-6745.
48. Pérez, L. Peris S. (2005). Alternativas al uso de antibióticos como promotores del crecimiento en avicultura. ITPSA.
49. Perozo MF, Nava J, Mavárez Y, Arenas E, Serje P, Briceño M. (2004) Caracterización morfométrica de los órganos linfoides en pollos de engorde de a línea Ross criados bajo condiciones de campo en estado Zulia, Venezuela. Revista Científica, vol. XIV, núm. 3, Junio. Universidad del Zulia, Venezuela.
50. Quezada T. Cuellar H. Jarmillo jf. Valdivia AG. Reyes JL. (2000) Effects of aflatoxin B1 on the liver and kidney of broiler chickens during development. Comparative Biochemistry and Physiology p25:..265-272.

51. Santin, E. (2006) Conociendo el impacto de las micotoxinas en Avicultura. Departamento de Medicina Veterinaria. UFPR. Brasil.
52. Santin, E., Pailillo, A.C, Maiorka, P.C., Alessi, A.C., Maiorka, A. (2002.) The effects of ochratoxin/aluminosilicate interaction on the tissues and humoral immune response of broilers. *Avian Pathol.* 31,73-79,
53. Santuario JM, Mallmann CA, Rosa AP, Appel G, Heer A, Dageforde S, Bottcher M. (1999). "Effect of sodium bentonite on the performance and blood variables of broiler chickens intoxicated with aflatoxin". *Brit. Poult. Sci.:* 40,115-119.
54. Solla S.A. (2017). Manual de manejo para pollo de engorde. Dirección Nacional Avicultura Balanceados. Solla Nutrición animal. Excelencia avícola. Colombia.
55. Solla, S.A. (2015) Manual de manejo para pollo de engorde. Nutrición animal. Excelencia avícola. Colombia.
56. Tambini A., AlbaC., Perales C., Falcón P. (2010) Anatomical histopathological evaluation of the bursa, thymus and spleen of broiler chickens raised in new or reused litter. *Rev. Inv. Vet. Perú;* 21(2): 108-186.
57. Ulloa, J. (1999). Caracterización del desarrollo de la Bursa de Fabricio, Timo y Bazo en Pollos de Engorde Comerciales. Memorias del XIV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Septiembre 21-24. Lima-Perú, 23-33 pp.
58. Wehner, R. (1999) Caracterización del desarrollo de la bolsa de Fabricio, Timo y Bazo en pollos broiler comerciales. Universidad Austral de Chile. Chile, 36-37 pp.