



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“EFECTO DE UNA MEZCLA DE ÁCIDOS ORGÁNICOS SUMINISTRADA
EN EL AGUA DE BEBIDA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE PAVOS
ALIMENTADOS CON UNA DIETA COMPLEMENTADA
CON UNA MEZCLA DE OLEAGINOSAS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

OLGA MARYLU TORRES SANTILLAN

ASESORES:

DR. ABRAHAM MÉNDEZ ALBORES

MVZ. FRANCISCO JAVIER CERVANTES AGUILAR



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: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

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

Efecto de una mezcla de ácidos orgánicos suministrada en el agua de bebida sobre parámetros productivos de pavos alimentados con una dieta complementada con una mezcla de oleaginosas

Que presenta la pasante: **OLGA MARYLU TORRES SANTILLAN**
Con número de cuenta: **30423797-9** para obtener el Título de: **Médica Veterinaria Zootecnista**

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de junio de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	DR. Ariel Ortiz Muñiz	
VOCAL	DR. Jesús Alberto Guevara González	
SECRETARIO	DR. Jesús Abraham Méndez Albores	
1er SUPLENTE	M. en C. Celso López López	
2do SUPLENTE	M. en C. Carlos Jovito Álvarez Alonso	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art 127 REP)

IHM/ntm*

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a las personas que me dieron todo lo que pudieron, sin importar el trabajo y el sacrificio; a las personas que confiaron en mí y me dieron felicidad, amor, confianza, respeto y orgullo. Gracias por enseñarme a trabajar por lo que quiero y que las cosas no son fáciles en la vida, que a veces hay que luchar día y noche para lograr nuestros sueños y anhelos, siempre ver el bienestar y la felicidad de las personas que nos rodean. Sé que nunca se los voy a poder pagar, ya que el esfuerzo que han hecho por mí, en convertirme en la persona profesionalista que soy. A quienes les cause desvelos, preocupaciones y angustias.

A ustedes que darían la vida por verme feliz. A ustedes

Mis PADRES

Eulogia y Marino

Los quiere y ama su hija

"Aprende como si fueras a vivir toda la vida, y vive como si fueras a morir mañana"

Charles Chaplin

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM por darme la oportunidad de pertenecer a su gremio

A la FES Cuautitlán por brindarme las posibilidades de formarme como Médico Veterinario Zootecnista.

A mis asesores

Dr. Abraham Méndez Albores, por confiar en mí, brindarme parte de su valioso tiempo para aconsejarme, guiarme y ayudarme en este camino. Depositar su confianza aun cuando soy una inexperta en el área en el cual usted es una persona amante de la investigación, gracias por compartirme un pedacito de sus conocimientos.

M.V.Z. Francisco Javier Cervantes Aguilar, al cual le agradezco el apoyo que me ha brindado durante estos años que he en esta Institución, gracias por dejarme practicar con esos hermosos pavitos, por ser más que un académico, gracias por ser un gran amigo y sé que podre confiar con su apoyo aun estando fuera.

A mi Jurado

Dr. Ariel Ortiz, Dr. Jesús Guevara, M.C. Celso López y M.C. Jovito; gracias por ayudarme a concluir uno de mis más grandes logros, así como ser mis profesores durante mi estancia en la FES-C

A mis profesores que me enseñaron todo lo que ahora soy, una médica que busca el bienestar, cuidado y pasión hacia el bienestar de los animales.

A la M.V.Z.A.P.A. José Carlos Ávila Arriola por brindarme parte de sus conocimientos y confiar en mí; estaré eternamente agradecida.

A la Dra. Angélica Terrazas por darme la confianza de cuidar a sus borregas y aprender de ellas. Gracias por el apoyo que me brindó me sirvió de mucho.

A mi familia.

A mi hermana con la quien he compartido mi vida, en la buenas y en las malas, gracias por soportarme y ayudarme en lo que más necesite, por consentirme, soportar los días que no te deje dormir, y ser mi confidente. Gracias por ser solo mi hermana.

A mis tíos Paula y Andrés quienes fueron como mis segundos padres, quienes velaron por mí y me consintieron

A mis primos que estuvieron presentes en mi vida; que me cuidaron, regañaron y enseñaron a ustedes Anabel S.J., Marco A. S.J., Diego R. S.A. (qepd).

A mis amigos

A mis amigos que compartieron los excelentes, buenos, malos y peores momentos, a los que sigo viendo después de tanto tiempo Daniel S.D., Oscar J. D. Yanin E.O., Berenice D.M. Carmen F.P., Daniela R.M., Arizbeth O.A., Angélica Yazmín G.O., Gerardo R., Selma, Luis Enrique B.C., María U.E., Cristian

G.H. Maribel M.S., Rodrigo, Jorge, Luis, Nadia H.C., Sergio E.G., Sonia Viridiana P. quienes me apoyaron y siempre estaban para ayudarme y darme consejos. Nunca los olvidare.

A Lety G. S. por esos años que hemos pasado juntas en nuestras aventuras, tristezas y alegrías, me alegra que fuera parte de uno de los acontecimientos más importantes de tu vida.

A mi Querido Francisco R.C, que siempre estuviste ayudándome en mi vida estudiantil. Gracias por brindarme parte de tu tiempo y alegrarme con tus ocurrencias locas y muy peculiares,

A Cristina C, gracias por estar en los momentos estresantes y difíciles de mi vida, gracias por soportar los momentos locos de mi vida.

A Katy gracias por apoyarme dentro y fuera de la escuela, por dejarme pertenecer a tu hermosa familia y sé que puedo contar contigo en las buenas y en las malas, gracias por compartir tus conocimientos de

A mi súper equipo de paves Yair Vergara V., Miriam López G., J. Segundo., Alma., gracias por dejarme ser parte de sus vidas; los pocos momentos que pase con ustedes de cansancio, dolor y esfuerzo fueron extremadamente divertidos, espero que sigan así de trabajadores. Y gracias por apoyarme en éste proyecto.

A Gabriel Chávez González, Alva Ortiz José Luis, Sánchez Villalobos Nancy Ruth y Cortés Días Aranzazú, gracias por pasar su tiempo libre ayudándome durante este proyecto.

A Luis Enrique Trejo gracias por ayudarme antes, durante y después de este proyecto, sé que eres una persona trabajadora e inteligente te deseo todo el éxito.

A mis compañeros de laboratorio Samantha J.X., Ricardo M., Adriana, Cristian V. por hacer divertido el tiempo que pase fuera y dentro del labo. Gracias por compartir sus conocimientos y experiencias. Anai L.F. gracias por ayudarme aun cuando estabas muy ocupada, gracias por ser una amiga rara y darme consejos cuando más lo necesitaba. Gracias Dra. Alma Vázquez D. por ser más que una amiga, ayudarme a ser mejor persona y compartir las experiencias de su vida laboral y dejarme ser parte de ella, estaré siempre agradecida.

Ya todos los amigos que han formado parte de mi vida académica y mi vida de bailarina y que no mencione gracias por haberlos conocido y hacer divertidos esos momentos.



Contenido

Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas.....	v
Abreviaturas.....	vi
1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
2.1. Marco referencial.....	2
2.1.1. Situación de la industria avícola en México.....	2
2.2. Marco conceptual.....	3
2.2.1. Características de la estirpe.....	3
2.2. Nutrición.....	4
2.2.1. Alimentación.....	4
2.2.2. Digestión.....	5
2.2.3. Absorción.....	5
2.2.4. Proteínas.....	5
2.2.4.1. Estructura de las proteínas.....	6
2.2.4.2. Absorción de las proteínas.....	6
2.2.4.3. Las proteínas en las aves.....	6
2.2.5. Carbohidratos.....	7
2.2.5.1. Estructura de los carbohidratos.....	7
2.2.5.2. Absorción de los carbohidratos.....	8
2.2.5.3. Carbohidratos en las aves.....	8
2.2.6. Vitaminas.....	8
2.2.6.1. Absorción de las vitaminas.....	9
2.2.7. Minerales.....	9
2.2.7.1. Absorción de los minerales.....	10
2.2.8. Lípidos.....	10
2.2.8.1. Estructura de los lípidos.....	11
2.2.8.2. Ácidos grasos esenciales (AGE).....	11
2.2.8.3. Absorción de los lípidos.....	11
2.2.8.4. Los lípidos en las aves.....	12



2.2.9.	Aditivos alimentarios	13
2.2.10.	Oleaginosas	13
2.2.10.1.	Cacahuete	15
2.3.	Micotoxinas	16
2.3.1.	Generalidades	16
2.3.1.1.	Aflatoxinas	16
2.3.1.2.	Efectos biológicos	18
2.3.1.2.1.	Toxicidad.....	18
2.3.1.2.2.	Citotoxicidad	18
2.3.1.2.3.	Efectos inmunopresores	18
2.3.1.2.4.	Mutagenicidad.....	19
2.3.1.2.5.	Carcinogenicidad.....	19
2.3.1.2.6.	Teratogenicidad.....	19
2.3.2.	Contaminación de los alimentos con aflatoxinas	19
2.3.3.	Efecto de las aflatoxinas en los animales	20
2.3.4.	Efecto de las aflatoxinas en la avicultura	22
2.4.	Ácidos orgánicos	23
2.4.1.	AO en la avicultura	24
3.	Justificación	26
4.	Hipótesis	26
5.	Objetivos	27
5.1.	Objetivo general	27
5.2.	Objetivos particulares	27
6.	Cuadro metodológico	28
7.	Materiales y Métodos	29
7.1.	Ética animal	29
7.2.	Lugar	29
7.3.	Animales	30
7.4.	Agua	30
7.5.	pH	31
7.6.	Alimentación	32
7.6.1.	Análisis químico proximal	32



7.6.1.1.	Humedad	33
7.6.1.2.	Extracto etéreo (E.E)	34
7.6.1.3.	Fibra cruda.....	34
7.6.1.4.	Cenizas	36
7.6.1.5.	Proteína.....	36
7.6.2.	Determinación de aflatoxinas en el alimento	38
7.7.	Evaluación de los parámetros productivos	39
7.7.1.	Sacrificio.....	39
8.	Diseño experimental y Análisis estadístico.....	42
9.	Resultados y Discusión.....	42
9.1.	Análisis químico proximal	42
9.2.	pH del agua suministrada a los pavos	45
9.4.	Parámetros productivos.....	46
9.4.1.	Peso vivo corporal	46
9.4.2.	Ganancia de peso.....	48
9.4.3.	Consumo de alimento.....	50
9.4.4.	Índice de conversión alimenticia	53
9.4.5.	Tasa de supervivencia	55
9.4.6.	Peso relativo de ciertos órganos	56
9.4.7.	pH en algunas secciones del tracto gastrointestinal	57
10.	Conclusiones	58
11.	Recomendaciones	58
12.	Bibliografía	59



Índice de figuras.

Figura 1. Estructura de los diferentes tipos de aflatoxinas.....	17
Figura 2. Módulo de aves del centro de enseñanza FES-Cuautitlán.....	29
Figura 3. (a) Equipo e instalación para el alojamiento de los pavos; (b) Pavos a la semana 4 de edad; (c) Vacunación contra la enfermedad de newcastle a la semana 6 de edad.....	30
Figura 4. Pesaje de los ácidos orgánicos.....	31
Figura 5. Determinación del ph del agua acidificada.....	31
Figura 6. (a) Alimento y mezcla de oleaginosas en la mezcladora; (b) Alimento mezclado.....	32
Figura 7. Pesaje de la muestra; (b) Estufa felisa (modelo fe-292 d); (c) Muestras en el desecador..	33
Figura 8. Extracción de la grasa por el método soxhlet; (b) Muestra de hexano con grasa en el rotavapor y (c) Muestra de grasa después de extraer el hexano.....	34
Figura 9. (a) Ebullición de la muestra en la placa térmica; (b) Filtrado de la muestra en la tela de lino; (c) Muestra para someter a incineración.....	35
Figura 10. (a) Proceso de carbonización; (b) Incineración en la mufla: (c) Muestra después de la incineración.....	36
Figura 11. (a) Digestión de la muestra; (b) Destilación; (c) Titulación para conocer el % de nitrógeno.....	37
Figura 12. (a) Extracción de aflatoxinas con metanol al 80%; (c) Purificación de aflatoxinas empleando columnas de inmunoafinidad; (c) Cuantificación de aflatoxinas por fluorometría.	38
Figura 13. (a, b y c) Pesaje de los pavos a la semana 5, 8 y 13 de edad; (d) Pesaje del alimento; (e, f) Pesaje y encostado de los pavos.....	39
Figura 14. (a) Corte del paquete carotideo de los pavos; (b) Escaldado; (c) Desplumado manual...	40
Figura 15. (a) Eviscerado de las canales de los pavos; (b) Determinación del pH en algunas secciones del tracto gastrointestinal; (c) Órganos del grupo de los AO y (d) Órganos del grupo control.....	41
Figura 16. Peso vivo corporal de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida.....	48
Figura 17. Ganancia de peso de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida.....	50
Figura 18. Consumo de alimento de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida.....	52
Figura 19. Índice de conversión de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con una adición de una mezcla de AO en el agua de bebida.....	55



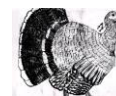
Índice de tablas.

Tabla 1. Consumo nacional aparente de la carne de pavo.....	2
Tabla 2. Valor proteico de algunos alimentos.....	14
Tabla 3. Límites establecidos en el reino unido para los contenidos de aflatoxinas en los alimentos para los animales (mg de aflatoxina b1/kg).....	21
Tabla 4. Límites permitidos en los cereales de aflatoxinas para consumo animal.....	21
Tabla 5. Análisis químico proximal del alimento con diferentes contenidos de proteína suministrado a los pavos	43
Tabla 6. Peso vivo corporal de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de ao en el agua de bebida	47
Tabla 7. Ganancia de peso de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de ao en el agua de bebida	49
Tabla 8. Consumo de alimento de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de ao en el agua de bebida.....	51
Tabla 9. Índice de conversión de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida.....	53
Tabla 10. Peso relativo de los órganos de los pavos alimentados con una dieta suplementada con una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida	56
Tabla 11. pH del proventrículo y de la unión ileocecal de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida	57



Abreviaturas

°C	Grados centígrados
µg	Microgramos
A	Ascórbico
ADN	Ácido desoxirribonucleico
AF	Aflatoxinas
AFB1	Aflatoxina B1
AFBO	Conjugación del epóxido
ANDEVA	Análisis de la varianza
AOAC	Association of Oficial Analitical Chemists
AO	Ácidos orgánicos
AQP	Análisis químico proximal
ARN	Ácido ribonucleico
ATP	Adenosin-trifosfato
C	Cítrico
CICUAE	Comité Interno para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación
EE	Extracto etéreo
FAO	Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación
G	Gramos
GSH	Glutación-S-Transferasa
H	Horas
HPLC	Cromatografía líquida de alta resolución
Kg	Kilogramo
kJ	Kilojoules
Km	Kilómetro
L	Litros
M	Málico
MI	Mililitros
mm	Milímetro
mm de Hg	Milímetro de mercurio
msnm	Metros sobre el nivel del mar
p/p	peso/peso
p/v	peso/volumen
PC	Proteína cruda
pH	Potencial hidrógeno
SAGARPA	Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAS	Sistema de Análisis Estadístico



1. Resumen

Esta investigación fue conducida para evaluar el efecto de una mezcla de ácidos orgánicos (AO) suministrada en el agua de bebida sobre los parámetros productivos de los pavos alimentados con una dieta complementada con una mezcla de oleaginosas (5%, p/p). Se utilizaron 150 pavos machos (Nicholas 700) de 4 semanas de edad, los cuales se dividieron aleatoriamente en 2 grupos (1 control y 1 experimental) de 5 repeticiones (15 aves por repetición). El experimento se condujo hasta la semana 14 de edad (10 semanas). El grupo control recibió agua ordinaria, mientras que al grupo experimental se le proporcionó continuamente agua acidificada con la mezcla de AO, a una concentración de 0.1% (p/v). La mezcla de AO fue preparada con base en una relación de 35:60:5 (ascórbico-cítrico-málico). Ambos tratamientos fueron alimentados con dietas de inicio (26% de proteína cruda), engorda (22% de proteína cruda) y finalización (19% de proteína cruda). Los resultados señalan que la mezcla de AO suministrada en el agua de bebida tuvo un efecto significativo en algunos de los parámetros productivos de los pavos, a partir de la semana 11 y hasta la semana 14 de edad, los pavos del grupo de los AO presentaron una mejora significativa en el peso vivo corporal, la ganancia de peso, el índice de conversión y la tasa de supervivencia en comparación con el grupo control. En general, a la semana 14 de edad, los pavos del grupo de los AO presentaron un peso vivo corporal de 10.055 kg, en comparación con 9.848 kg para los pavos del grupo control. El mismo efecto fue observado para la ganancia de peso (1.080 kg vs 1.050 kg), el índice de conversión (3.24 vs 3.44) y la tasa de supervivencia (97.33% vs 94.66%), respectivamente. Adicionalmente, el suministrar la mezcla de los AO en el agua de bebida no modificó significativamente el peso relativo de algunos órganos (proventrículo, ventrículo, hígado, intestino, bazo y pulmones). Por el contrario, se observó diferencia estadística significativa en el peso relativo de la bolsa de Fabricio (0.127 vs 0.081), lo cual está estrechamente relacionado a una mejora en la respuesta inmunitaria de los pavos a los cuales se les suministró la mezcla de AO en el agua de bebida. Más aun, el suministrar la mezcla de AO en el agua de bebida no produjo efectos significativos en el pH de algunas secciones del tracto gastrointestinal de los pavos como en el proventrículo y la unión ileocecal. En conclusión, el suministrar una adecuada mezcla de AO en el agua de bebida puede ser una alternativa para mejorar algunos de los parámetros productivos y posiblemente favorecer la respuesta inmunitaria de los pavos a las 14 semanas de edad.



2. Introducción

2.1. Marco referencial

2.1.1. Situación de la industria avícola en México

La industria avícola es la actividad pecuaria más dinámica e importante del país. Además es un sector estratégico en el ámbito agroalimentario, ya que de cada 10 kilogramos de proteína animal que se ofertan en el mercado, 6 corresponden a alimentos avícolas como el pollo y el huevo. El sitio avícola menciona que el consumo per cápita en México en el 2012 es de 1.5 kg/persona y ocupa el 0.1% de la producción pecuaria. En el año 2013, la industria avícola mexicana registró un crecimiento de 1.7% donde la producción alcanzó 5 436 131 toneladas incluyendo el huevo, el pollo y el pavo, respecto a lo observado durante el año 2012. En cuanto a la producción de pavo, ésta alcanzó valores de 8 214 toneladas (UNA, 2013).

En México, la comercialización del pavo se ve disminuida durante la mayor parte del año, ya que se encuentra limitado por una comercialización de tipo estacional por lo cual es comercializada principalmente en la época decembrina. El pavo entero (canal) representa el 70% del consumo nacional y el 30% restante se consume en forma de subproductos. El bajo contenido de grasa y su agradable sabor, hacen que el pavo este ganando la preferencia del consumidor mexicano. En la Tabla 1 se muestra el consumo nacional aparente de la carne de pavo del año 2000 al año 2005.

Tabla 1. Consumo nacional aparente de la carne de pavo

Año	Composición en volumen (Toneladas)				Composición porcentual		
	Producción	Importaciones	Exportaciones	CNA	Producción*	Importaciones	Total
2000	23,485	110,415.3	2,821.8	131,078.5	15.8	84.2	100
2001	24,147	118,157.8	0.2	142,304.6	17.0	83.0	100
2002	25,575	98,385.5	0.1	123,960.4	20.6	79.4	100
2003	25,387	130,901.0	46.1	156,241.9	16.2	83.8	100
2004	24,011	135,949.8	0.0	159,960.0	15.0	85.0	100
2005	23,780.9	177,218.6	0.6	200,998.8	11.8	88.2	100

CNA: Consumo nacional aparente (SAGARPA, 2005)



2.2. Marco conceptual

2.2.1. Características de la estirpe

Se conoce como la meleagricultura a la crianza y explotación del pavo doméstico (*Meleagris gallopavo*). Este es de origen Americano, específicamente de Mesoamérica y parte de Norteamérica. Aunque en Europa fue donde se le dio el nombre de “pavo” debido a su semejanza con el pavo real (*Pavo cristatus*). En México, también se le conoce como “guajolote” término adoptado por el vocablo Náhuatl “*huacholotl*”. La selección de los primeros pavos con fines de mejoramiento genético se llevó a cabo en Europa, de donde surgieron diferentes estirpes modernas de pavos, siendo las principales subespecies las que se mencionan a continuación, además de su lugar de origen (Juárez-Estrada, 2014):

Pavo salvaje del Este: *Meleagris gallopavo silvestris*

Pavo salvaje de Florida: *Meleagris gallopavo osceola*

Pavo merriam salvaje: *Meleagris gallopavo merriam*

Salvaje Mexicano dorado: *Meleagris gallopavo mexicana*

Salvaje del río grande: *Meleagris gallopavo intermedia*

Pavo ocellata del sur: *Meleagris gallopavo gallopavo* tipo ocellata

Se pueden clasificar las razas de pavos de acuerdo con los siguientes criterios (Scholtyssek, 1970):

Color:

- Bronceados
- Blancos
- De color

Peso:

- Ligeras
- Medianas
- Pesadas

Histórica:

- Norfolk negro



- Pavo bronceado
- Roquirés
- Holandés blanco
- Cröllwitzer
- Pavos de color

El pavo blanco de pechuga amplia (conocido en México como de doble pechuga) proviene del cruzamiento de dos líneas. Una de ellas, es la línea paterna, la cual se ha denominado como “S”, al inicio de la etapa reproductiva el macho llega a pesar aproximadamente 20 kg (en México puede ser de la estirpe Nicholas 85 u 88). La línea materna es denominada “H”, el peso de la hembra no supera los 7 kg (en México es la Nicholas 300), o bien si es de otra línea de hembra un poco más pesada (en México de la estirpe Nicholas 700, AVIAGEN®) la cual llega a pesar hasta 9 kg al momento de la madurez sexual que es alrededor de las 28-30 semanas de edad. Esta gran disparidad de tamaño impide el apareamiento natural, por lo que es imprescindible el uso de la técnica de inseminación artificial en esta actividad zootécnica.

2.2. Nutrición

La nutrición es el proceso que brinda a las células del animal lo necesario del ambiente químico externo para que las reacciones químicas metabólicas implicadas en el crecimiento, mantenimiento, trabajo, producción y reproducción se lleven a cabo (Avila *et al.*, 1986). Hoy en día se conocen cuarenta nutrientes en la dieta de un animal (el número depende de la especie), en contraste con las tres clases de nutrientes que se aceptaban a principios del siglo XIX (Church *et al.*, 2002)

2.2.1. Alimentación

La alimentación de las aves difieren de otros animales de granja en muchos aspectos que hacen que su nutrición sea más crítica y que se modifique el balance más fácil, que en el caso de los mamíferos: las aves tienen funciones corporales, digestión, respiración y circulación más rápida, son más activas y más sensibles a los cambios del ambiente, su temperatura es mayor que la de los mamíferos, el crecimiento lo tienen a ritmo acelerado y las aves maduran a una temprana edad (Cuca *et al.*, 1982).

Los alimentos que se suministran a las aves en las dietas se clasifican generalmente en proteínas, vitaminas, carbohidratos, grasas, minerales y agua. Una dieta debe contener todos los nutrimentos en la cantidad, calidad y proporciones adecuadas. Por lo tanto, una buena nutrición depende del conocimiento de las necesidades nutritivas del ave y del



conocimiento de la materia prima disponible en términos de nutrientes (Cuca *et al.*, 1982; Ensminger *et al.*, 1992).

2.2.2. Digestión

Es importante reconocer que la digestibilidad es variable; varios factores afectan el grado de digestión como: nivel de consumo de alimento, trastornos digestivos, frecuencia de alimentación, entre otros (Church *et al.*, 2002).

2.2.3. Absorción

La mayor parte de la absorción de nutrientes se realiza en la parte anterior del conducto digestivo, que incluye el duodeno, yeyuno y en menor grado en el íleon y el intestino grueso. El paso del alimento ingerido a lo largo de todo el conducto digestivo toma sólo pocas horas en la mayoría de las especies, de modo que es evidente que las circunstancias oportunas en la digestión y la absorción de los nutrientes son limitadas. El grado de absorción de nutrientes a partir del conducto intestinal aumenta enormemente por el aumento de la superficie de absorción (Church *et al.*, 2002).

El índice metabólico de la mucosa intestinal es uno de los más altos a comparación de cualquier otro tejido. El paso de los nutrientes individuales de la luz del intestino a la célula del epitelio intestinal y luego a la sangre o la linfa puede ocurrir por difusión pasiva, transporte activo o por pinocitosis (Church *et al.*, 2002).

La absorción es selectiva y está relacionada con la naturaleza química de las sustancias de los alimentos digeridos, así como con la cantidad de sustancias presentes. Los azúcares, aminoácidos y minerales digeridos se absorben través de los capilares de la pared intestinal y de igual manera ocurre con los ácidos grasos libres y monoacilgliceroles (Cuca *et al.*, 1982).

2.2.4. Proteínas

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos, de alto peso molecular. Se encuentran en todas las células vivas, estando estrechamente relacionadas con las actividades que constituyen la vida celular (McDonald, 2002). Las proteínas pueden clasifican de la siguiente manera:

- **Proteínas globulares:** solubles en agua, en ácidos, bases diluidos o en alcohol, como las albúminas, globulinas, glutelinas.



- **Proteínas fibrosas:** insolubles en agua y resistentes a enzimas digestivas, como colágeno, elastina y queratina.
- **Proteínas conjugadas:** contienen un amplio número de complejos de naturaleza no proteica, como lipoproteína y glicoproteína.

2.2.4.1. Estructura de las proteínas

McDonald *et al.* (2002) menciona que la estructura de las proteínas se dividen en:

- **Primaria:** secuencia de aminoácidos a lo largo de la cadena de polipéptidos de una proteína
- **Secundaria:** conformación de la cadena de aminoácidos que se obtiene al formarse puentes de hidrógeno entre los grupos amino y carbonilo de los aminoácidos adyacentes.
- **Terciaria:** conforman cadenas de la estructura secundaria que interactúan por medio de los grupos R de las moléculas de los aminoácidos.
- **Cuaternaria:** contiene más de una cadena de polipéptidos. Las fuerzas que se estabilizan estos agregados son puentes de hidrógeno y enlaces electrostáticos o de sales formados entre las moléculas de la superficie de las cadenas de polipéptidos.

2.2.4.2. Absorción de las proteínas

los aminoácidos se absorben en el tracto intestinal, de acuerdo a las proporciones en que se liberan en la digestión, y después son transportados a los sitios de síntesis de proteínas, lugar donde se forman las proteínas requeridas. Dado que los aminoácidos no se almacenan en el organismo, estos deben llegar al cuerpo en las proporciones necesarias para la síntesis.

2.2.4.3. Las proteínas en las aves

Las proteínas de los tejidos corporales, plumas y huevos de las aves de corral contienen unos 20 aminoácidos. Diez de los cuales (en la lista que sigue) son esenciales en la dieta porque las aves son incapaces de sintetizarlos o no los sintetizan con la rapidez suficiente satisfacer sus necesidades

- Arginina Metionina
- Histidina Fenilalanina
- Isoleucina Treonina



- Leucina Triptófano
- Lisina Valina

Las aves no tienen un complemento completo de enzimas del ciclo de la urea y, por lo tanto, son incapaces de sintetizar arginina a partir de sólo precursores. En consecuencia, su necesidad de arginina alimentaria es absoluta. La cisteína se puede sintetizar a partir de la metionina, y la tirosina se puede obtener de la fenilalanina. En un sentido, la cisteína y la tirosina son aminoácidos esenciales: uno de los dos debe ser utilizado en la dieta en la dieta o la dieta debe contener metionina y fenilalanina suficientes para permitir su síntesis (Church *et al.*, 2002).

Algunos aminoácidos son prescindibles, esto es, no son necesarios en la dieta de las aves de corral. Éstos son: alanina, ácido aspártico, asparagina, ácido glutámico y glutamina. Como en los mamíferos, estos aminoácidos se pueden sintetizar a partir de precursores carbohidratos y de nitrógeno de otros aminoácidos de sales de amonio. De este modo, la necesidad de aminoácidos de las aves de corral representa la necesidad de aminoácidos esenciales más nitrógeno suficiente en una forma química adecuada para la síntesis de los aminoácidos prescindibles (Church *et al.*, 2002).

2.2.5. Carbohidratos

Son el componente principal de los tejidos vegetales. Constituyen hasta el 70% de la materia seca de los forrajes de origen vegetal. Algunas semillas, en particular los cereales, presentan concentraciones más altas (hasta 85%). Y se clasifican en:

- **Monosacáridos:** azúcares simples
- **Hexosas:** fructosa, glucosa, galactosa y manosa
- **Disacáridos:** sacarosa, maltosa, lactosa y celobiosa
- **Trisacáridos:** rafinosa
- **Polisacáridos:** pentosanas y hexosanas
- **Polisacáridos mixtos:** hemicelulosa y pectinas

2.2.5.1. Estructura de los carbohidratos

Los carbohidratos tienen la forma empírica $C_nH_{2n}O_n$, en tanto que los más complejos tienen una estructura que comprende a $C_nH_{2n}C_{n-1}$. El carbono se combina con el hidrógeno y el oxígeno; entre los dos últimos, la proporción es aproximadamente igual a la del agua. Cuando se unen una o más moléculas de monosacáridos, la fórmula representa la pérdida



de una o más moléculas de agua. Desde el punto de vista químico, los carbohidratos son aldehídos y cetonas polihidroxilados, con un grupo aldehído o acetona en su estructura.

2.2.5.2. Absorción de los carbohidratos

La porción proximal del intestino delgado, el duodeno y el yeyuno, presenta la mayor capacidad para absorber monosacáridos. El intestino delgado distal absorbe menos, y el estómago y el intestino grueso absorben pocos azúcares. La galactosa y la glucosa son absorbidas por una gran eficiencia, pero la manosa difiere de la glucosa sólo en la configuración del grupo hidroxilo en el carbono 2, es absorbida solo a un 20% de la eficiencia de la glucosa (Church *et al.* 2002).

2.5.3. Carbohidratos en las aves

Las aves de corral son capaces de digerir almidones, glucógeno, sacarosa, maltosa y los azúcares simples: glucosa y fructosa. Las aves no digieren bien la lactosa o azúcar de la leche porque la actividad de la lactasa en el intestino es limitada y ésta es necesaria para hidrolizar la lactosa en sus constituyentes monosacáridos, glucosa y galactosa. Las aves de corral no absorben bien las pentosas, como la ribosa y la desoxirribosa de los ácidos nucleicos, y la xilosa y arabinosa. Debido a que contienen grandes concentraciones de ácidos nucleicos, las levaduras o bacterias que excedan el 10 o 15% de la dieta pueden ocasionar gases y diarrea por la presencia y fermentación de azúcares no absorbidos en la porción inferior del conducto gastrointestinal. La inclusión en la dieta de cantidades similares de pentosas, como arabinosa y xilosa, puede producir las mismas consecuencias indeseables. Las aves de corral tienen una capacidad mínima para digerir fibra cruda (Church *et al.*, 2002).

2.2.6. Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos, necesarios en pequeñas cantidades para el normal crecimiento y mantenimiento de la vida animal. Las vitaminas no son simples materiales formadores del organismo o compuestos productores de energía, si no que están implicados o son mediadores de otras rutas metabólicas (McDonald *et al.* 2002).

Las vitaminas se clasifican en:

- **Liposolubles:** A, D2, D3, E y K
- **Hidrosolubles:** B1 B2, B6, B12 y C



2.2.6.1. Absorción de las vitaminas

La absorción de las vitaminas se da principalmente en el intestino.

2.2.6.2. Las vitaminas en las aves

Las vitaminas son una categoría amplia de nutrientes que, desde siempre, se han agrupado como micronutrientes orgánicos que son absolutamente esenciales en la alimentación. Las aves de corral requieren 13 vitaminas (National Research Council). Todas, excepto las vitaminas D y E, participan como cofactores en reacciones enzimáticas: la vitamina D es precursora de 1,25-dihidroxicolecalciferol, el cual es esencial para la absorción y el metabolismo del calcio. La vitamina E tiene funciones antioxidantes en los tejidos. La colina es una fuente importante de grupos metilo en el metabolismo, es un componente de los fosfolípidos e interviene en la neurotransmisión (Church *et al.*, 2002).

El ave puede sintetizar algunas vitaminas, pero en general no en cantidad suficiente para satisfacer las demandas fisiológicas de las aves de corral jóvenes, en crecimiento, o de las gallinas ponedoras. Éstas incluyen a la niacina y la vitamina D₃, las cuales se sintetizan a partir del triptófano en el hígado y del 7-dehidrocolesterol en la piel, respectivamente. La síntesis de vitamina que realiza la microflora del ciego y el intestino grueso puede aportar algunas vitaminas B (por ejemplo: ácido fólico, vitamina B₁₂) al ave de corral. No se sabe si las vitaminas se absorben del ciego. Las aves de corral son coprofágicas y, mediante la digestión de las heces ingeridas, estas vitaminas pueden contribuir a la nutrición vitamínica del ave (Church *et al.*, 2002).

Algunas vitaminas son susceptibles al deterioro oxidativo. La necesidad de vitamina E, por ejemplo, aumenta cuando la dieta contiene grandes cantidades de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales tienden a sufrir ranciedad oxidativa. Las vitaminas A, D y biotina son otras vitaminas a las que la oxidación afecta de manera adversa (Church *et al.*, 2002).

2.2.7. Minerales

La expresión de elementos minerales esenciales se reserva para aquellos que han demostrado realizar funciones metabólicas en el organismo. Para que un elemento mineral sea considerado esencial, es necesario comprobar que las dietas purificadas en las que falta el elemento provocan síntomas de deficiencia en los animales, y que dichos síntomas pueden curarse o prevenir al incluir en la dieta experimental el elemento en cuestión. La clasificación de los minerales esenciales en:



- **Macrominerales:** calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, magnesio y azufre
- **Microelementos:** boro, cobalto, cromo, cobre, flúor, yodo, hierro, molibdeno, selenio, silicio y zinc.

2.2.7.1. Absorción de los minerales

La absorción de los minerales se da principalmente en el intestino delgado.

2.2.7.2. Las vitaminas en las aves

Los aproximadamente 13 elementos inorgánicos que necesitan las aves de corral y realizan una amplia variedad de funciones. Además de tener funciones importantes en el metabolismo celular, el Ca y el P son los principales elementos estructurales de los huesos y el Ca es el elemento principal de la cáscara del huevo. El Na, el K y el Cl tienen funciones fisiológicas en el equilibrio ácido—base, en el equilibrio hídrico y en el transporte de membrana. Los demás minerales son cofactores en una amplia variedad de reacciones enzimáticas. Las aves de corral, como otros animales, requieren Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, Mo, I y Se. Se ha observado que algunos elementos influyen en los pollos en crecimiento cuando se les cría en condiciones de aislamiento y se les proporcionan raciones y agua muy purificadas y aire filtrado; estos tres elementos Si (Carlisle), Ni (Nielson y Ollrich) y V (Hopli Mohr). Hasta este momento, no se ha establecido claridad si las respuestas a estos minerales son red de una "necesidad" (Church *et al.*, 2002).

2.2.8. Lípidos

Los lípidos son compuestos orgánicos que son relativamente insolubles en agua, pero relativamente solubles en disolventes inorgánicos; realizan importantes funciones bioquímicas y fisiológicas en los tejidos animales y vegetales. Los lípidos de importancia animal se clasifican de la siguiente manera: (Church *et al.*, 2002).

- **Lípidos simples:** son ésteres de ácidos grasos con varios alcoholes. Entre ellos se encuentran las grasas, los aceites y las ceras.
- **Lípidos compuestos:** son ésteres de ácidos grasos que contienen sustancias no lipídicas como fósforo, carbohidratos y proteínas, además de un alcohol y un ácido graso.
- **Lípidos derivados:** éstos incluyen sustancias derivadas por hidrólisis de lípidos simples o compuestos.



- **Esteroles:** estos compuestos son lípidos con estructura anulares complejas del tipo del fenantreno.
- **Terpenos:** son compuestos que por regla general tienen estructuras del tipo del isopreno.

2.2.8.1. Estructura de los lípidos

Church *et al.* (2002) mencionan que los constituyentes lipídicos más importantes de la nutrición animal incluyen:

- Ácidos grasos
- Glicerol
- Monoacilgliceroles, diacilgliceridos y triacilglicéridos
- Fosfolípidos

Los glicolípidos, las lipoproteínas y los esteroides son muy importantes en el metabolismo, pero están presentes en el cuerpo en cantidades mucho más bajas que los triglicéridos, la principal forma de almacenamiento de energía del cuerpo animal (Church *et al.*, 2002).

2.2.8.2. Ácidos grasos esenciales (AGE)

El ácido linoleico y el ácido linolénico, al parecer no son sintetizados por los tejidos animales, o al menos no en las cantidades necesarias para prevenir alteraciones patológicas, de modo que deben de suministrarse en la dieta. El mecanismo exacto mediante el cual los AGE mantienen las funciones normales del cuerpo no se conoce, pero es probable que formen parte integral de la estructura lípido-proteína de las membranas (Church *et al.*, 2002).

2.2.8.3. Absorción de los lípidos

La porción superior del intestino delgado es el sitio donde se llevan a cabo los principales procesos de preparación para la absorción. Los lípidos dietéticos, como los triglicéridos, son descargados desde el estómago de modo lento y se mezclan con la bilis y las secreciones pancreáticas e intestinales, lo que da origen a la formación de una emulsión



por la acción detergente de las sales biliares y la actividad agitadora del intestino. El tamaño de partícula de los lípidos se reduce a esferas de 500 a 1000 μm de diámetro, lo que permite tener una mayor superficie de exposición a las lipasas pancreáticas e intestinales, que se absorben sobre la superficie de la partícula y atacan a los ácidos grasos en las posiciones α -1 y α -3, lo que resulta en la hidrólisis de los triglicéridos a β -monoacilglicéridos y a ácidos grasos libres (Church *et al.*, 2002).

El principal sitio de absorción de los lípidos es la porción proximal (superior) del yeyuno, pero también se absorbe una pequeña cantidad a lo largo del conducto intestinal desde la porción distal (inferior) del duodeno a la porción distal del íleon. La absorción del glicerol y los ácidos libres de cadena corta (de 2 a 10 carbonos) se lleva a cabo por transporte pasivo a la sangre mesentérica y de aquí pasan al sistema sanguíneo portal. Los monoacilglicéridos y los ácidos grasos de cadena larga atraviesan por difusión el borde de las microvellosidades y el núcleo apical de las células de la mucosa intestinal. En grado limitado, algunos triglicéridos se absorben intactos como una fina emulsión de partículas (Church *et al.*, 2002).

La mayoría de los fosfolípidos de la luz intestinal experimentan hidrólisis parcial por las lipasas pancreáticas e intestinales para reducir a los AGE. El resto de la molécula se absorbe intacta junto con una pequeña proporción de fosfolípidos no hidrolizados (Church *et al.*, 2002).

2.2.8.4. Los lípidos en las aves

Los triglicéridos son los lípidos principales en la dieta de las aves de corral. Las grasas suelen agregarse a la dieta de las aves de corral como fuentes de energía, así como el ácido linoleico, un ácido graso que necesitan las aves de corral. La adición de grasa a los alimentos también reduce el polvo y tienen una importancia práctica en la mezcla y el manejo de los alimentos. Las grasas en los tejidos de las aves de corral contienen mayores cantidades de ácidos grasos insaturados de las encontradas en la mayoría de los animales domésticos. Sin embargo, la composición de los ácidos grasos de aves de corral y huevos puede estar influida por la composición de ácidos grasos de los lípidos alimentarios. Esto ha alentado a algunos investigadores a estudiar la posibilidad de enriquecer los productos avícolas con ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega-3 (que se encuentran comúnmente en los peces), mediante el uso de aceites ricos en estos ácidos grasos o sus precursores. Estos ácidos grasos pueden tener efectos benéficos en la salud de los consumidores (Church *et al.*, 2002).



2.2.9. Aditivos alimentarios

Los aditivos que se administran en los alimentos para los animales son empleados para mejorar la efectividad de los nutrientes y ejercer sus efectos en las paredes del tracto digestivo o en las células del mismo. Existen razones teóricas evidentes por las que estos aditivos deberían ser efectivos teniendo en cuenta la dinámica de la fisiología del intestino (McDonald *et al.*, 2002). En todas las épocas se han suministrado muchos tipos de aditivos alimentarios a los animales domésticos, pero la gran mayoría de ellos han pasado la prueba del tiempo y la experimentación cuidadosa, así como la del uso práctico. Muchos aditivos han aparecido y desaparecido como resultado de factores como el costo, los residuos tisuulares, la toxicidad o la falta de respuesta benéfica en el animal (Church *et al.*, 2002). Entre los aditivos más utilizados se encuentran los antibióticos, los probióticos, los oligosacáridos, las enzimas, los ácidos orgánicos y los modificadores de las fermentaciones en el rumen.

2.2.10. Oleaginosas

Las oleaginosas proporcionan una mayor cantidad de proteínas de gran valor biológico, superiores a los zacates y los granos. En la alimentación del hombre o en la industria, se utilizan los aceites que previamente se extraen a las oleaginosas, el residuo que queda es la pasta o torta y pueden ser consumidos por toda clase de animales y en ocasiones constituyen la única fuente proveedora de proteínas (Flores, 1986).

Del nitrógeno total de las harinas de semillas de oleaginosas, aproximadamente 950 g/kg se encuentra como proteína verdadera. La proteína de buena calidad oscila entre 0.75 y 0.9. Si se considera el valor biológico como criterio para juzgar la calidad de la proteína, la de las semillas oleaginosas es considerablemente superior al de proteína de los cereales. En la Tabla 2 se muestra el valor proteico de algunos alimentos.



Tabla 2. Valor proteico de algunos alimentos

Alimento	Valor biológico (rata)	Valor químico	Razón de eficiencia proteica (rata)	Valor proteico bruto (pollos)
Avena	0.65	0.46	-	-
Trigo	0.67	0.37	1.5	-
Maíz	0.55	0.28	1.2	-
Harina de algodón	0.8	0.37	2	0.77
Harina de cacahuete	0.58	0.24	1.7	0.48
Harina de soya	0.75	0.49	2.3	0.79
Harina de pescado	0.77	-	-	1.02
Leche	0.85	0.69	2.8	0.9
Huevo entero	0.95	1	3.8	-

(McDonald *et al.*, 2002)

La calidad de la proteína de algunas de las semillas oleaginosas es comparable a la de las proteínas de origen animal como las harinas de pescado y de carne, aunque como clase no son tan buenas. Los valores correspondientes a la razón de eficiencia proteica y al valor proteico bruto confirman la buena calidad de la proteína de las semillas de oleaginosas, aunque si bien su valor químico es bajo. Esto quiere decir que la composición en aminoácidos está desequilibrada, existiendo grandes deficiencias, como mínimo, en un aminoácido esencial. En general, la proteína de estas semillas presenta bajos contenidos en cistina y metionina, con contenido variable, aunque generalmente bajo, de lisina. Por lo tanto, no constituyen el suplemento adecuado para las proteínas de los cereales con los que suelen emplearse, debiendo combinarse con proteínas de origen animal para su utilización en la alimentación de los animales monogástricos. La calidad de una proteína de una determinada oleaginosa es relativamente constante (McDonald *et al.*, 2002).

El suplementar la dieta con mezclas de oleaginosas produce, desde el punto de vista nutricional, un ligero aumento en el crecimiento, mejorando la eficiencia en la utilización del alimento, debido a la mayor densidad calórica de la ración alta en grasa. Además de ser fuente de energía, las grasas funcionan como disolventes para las vitaminas liposolubles, como sustancias que reducen la pulverización del alimento, lubrican el paso del alimento y como contribuyentes de la palatabilidad (Cervantes-Aguilar, 2004).



Las principales funciones de las grasas y los aceites puros, derivados de las semillas oleaginosas son las siguientes:

- Aumentan la densidad calórica del alimento.
- Mejoran el sabor y la apariencia.
- Reducen la ingesta total de alimento, aumentando su eficiencia y costo.
- Aumentan los niveles de glucógeno en sangre.
- Bajaron el calor de fermentación durante la digestión y el metabolismo.
- Proveen de ácidos grasos esenciales y fosfolípidos en la dieta.
- Mejoran la apariencia de la piel, las plumas y evitan dermatitis.
- Transportan vitaminas y colorantes oleosolubles.

2.2.10.1. Cacahuete

La semilla de cacahuete (*Arachis hypogaea*) se encuentra en vainas, generalmente en número de dos o tres unidades. Contiene 250-300 g/kg de proteína bruta y 350-600 g/kg de lípidos. La vaina o cáscara es muy fibrosa. La harina de cacahuete se obtiene de semillas, empleándose sólo en ciertos casos la vaina completa, en cuyo caso se produce la harina sin decorticar. La proteína de la harina de cacahuete contiene cantidades menores a las óptimas de cistina y metionina, aunque el primer aminoácido limitante es la lisina. Si se incluye la harina en raciones de alto contenido en cereales, se hace necesaria la suplementación con proteína de origen animal. De ese modo, se compensan las deficiencias en vitamina B12 y calcio. Dicha suplementación es especialmente importante en los animales de crecimiento rápido como los cerdos y las aves. Existen reportes que indican que la harina de cacahuete contiene la existencia de un factor de crecimiento y un factor antitripsina, con actividad antiplasmina y capacidad de acortar el tiempo de hemorragia (McDonald *et al.*, 2002).

El cacahuete es una de las oleaginosas con mayor contenido de aceite, por lo que su rendimiento supera al olivo, al cártamo y la soya. Los aceites contienen mayores cantidades de ácidos grasos insaturados, lo cual hace que sean líquidos a temperatura ambiente. La diferencia entre los aceites vegetales se encuentra en los ácidos grasos que componen sus lípidos. Los lípidos son un grupo de compuestos cuya principal característica es ser insolubles en agua, de modo que el aceite contiene 100% de lípidos. Los triacilglicérols son la clase de lípidos más abundantes que existen, por ser componentes de reserva de las células. Como su nombre lo indica, una molécula de triacilglicérol se constituye por tres unidades básicas conocidas como ácidos grasos unidos (o esterificados) a una estructura fundamental, que es la molécula de glicérol (Campos-Mondragón, 2015).

El aceite de cacahuete se compone en su mayoría por ácidos grasos monoinsaturados (55%, principalmente oleico) seguido de poliinsaturados (27%, principalmente linoleico) y saturados (18%) (Campos-Mondragón, 2015).



El aceite de cacahuete se incluye dentro de un grupo de gran importancia comercial, conocido como el “grupo de ácidos oleico/linoleico”, pues entre mayor es la relación de ácidos grasos oleico y linoléico (O/L) mejor es la calidad del aceite. Dentro de este grupo se ubican también los aceites de maíz, algodón, oliva, girasol y almendra, que son considerados “de calidad Premium” debido a sus propiedades antioxidantes (Campos-Mondragón, 2015).

Aunque el cacahuete y su aceite tienen gran importancia comercial y nutricional, es una semilla muy susceptible a la contaminación por hongos, lo que puede provocar que también se contamine con micotoxinas (Campos-Mondragón, 2015).

2.3. Micotoxinas

2.3.1. Generalidades

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por ciertos hongos, y en cantidades muy pequeñas pueden ser tóxicos a los animales que las ingieren (Smith *et al.*, 1994). Los metabolitos primarios de los hongos, así como de otros microorganismos, son aquellos compuestos indispensables para su crecimiento. La síntesis de micotoxinas representa un mecanismo que posee el hongo para reducir la reserva de metabolitos que sus necesidades ya no demandan (Jay, 1994). Las micotoxinas pueden contaminar los alimentos o las materias primas utilizadas, originando un grupo de enfermedades y trastornos, denominados micotoxicosis (Soriano del Castillo, 2007).

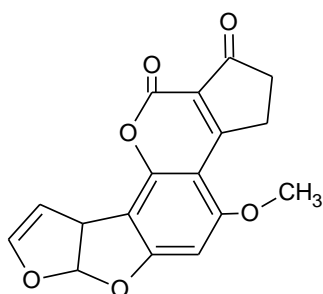
El análisis de micotoxinas comprende una serie de pasos que inician con el muestreo, extracción, purificación, separación y cuantificación de la toxina. La principal dificultad del muestreo de los granos o los productos sospechosos de contaminación por micotoxinas es que éstas no se encuentran distribuidas de manera homogénea (Davis *et al.*, 1980; Whitaker *et al.*, 1981).

2.3.1.1. Aflatoxinas

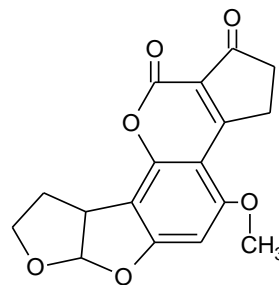
En 1960, murieron 100,000 pavos en Inglaterra por una enfermedad, hasta ese momento desconocida y la cual se le llamó como “la enfermedad X de los pavos”. La mortandad fue asociada con diferentes lotes de alimento, y todos ellos tenían un ingrediente en común: harina de cacahuete enmohecida, procedente de Brasil (Sargeant *et al.*, 1961). Las investigaciones que propiciaron dicha enfermedad permitieron concluir que la causa de la muerte de las aves era una sustancia producida por el hongo *Aspergillus flavus*, por lo que a estas sustancias se les llamó aflatoxinas.



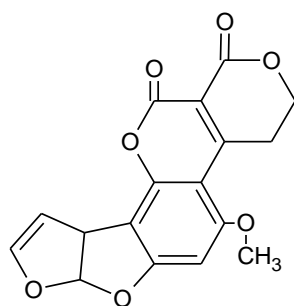
Las aflatoxinas son metabolitos secundarios producidos principalmente por hongos del género *Aspergillus flavus* Link, *A. parasiticus* Speare y *A. parasiticus nomius* Kurtzman *et al.* Las principales aflatoxinas son B1, B2, G1, G2, M1 y M2 (Figura 1) y tienen importancia tóxigena. La AFB1 se encuentra en mayores contenidos que las otras y es la más potente, siendo cancerígena, teratógena y mutágena y el órgano que más afecta es el hígado, por lo que es considerada una hepatotoxina (Feibelman *et al.*, 1998).



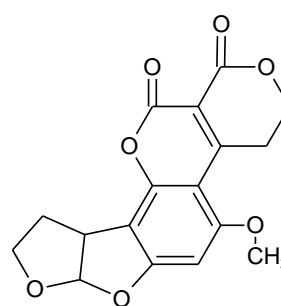
Aflatoxina B1



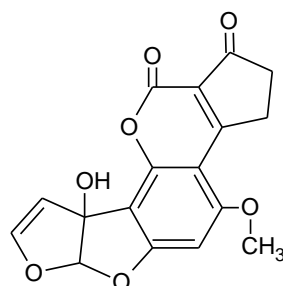
Aflatoxina B2



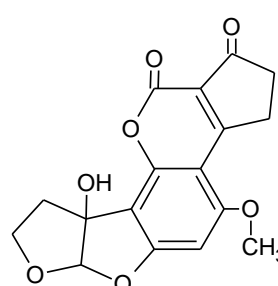
Aflatoxina G1



Aflatoxina G2



Aflatoxina M1



Aflatoxina M2

Figura 1. Estructura de los diferentes tipos de aflatoxinas



2.3.1.2. Efectos biológicos

Son muchos los efectos biológicos causados por la exposición a aflatoxinas y se describen de la siguiente manera:

2.3.1.2.1. Toxicidad

Las aflatoxinas son tóxicas, principalmente al hígado, dependiendo de la duración de la exposición y de la concentración, puede presentarse una toxicidad aguda o crónica. El mecanismo de acción de la AFB1 hacia las células hepáticas ha sido ampliamente estudiado (Coulombe, 1994; Roebuck y Maxuitenko, 1994).

2.3.1.2.2. Citotoxicidad

A través de estudios *in vitro*, mediante el uso de cultivos celulares (humanos y animales), se ha probado la citotoxicidad causada por las aflatoxinas. En general, los efectos se han estudiado en células embrionarias de pato, células hepáticas de mono, de riñón, células hepáticas de embrión humano, células epiteliales de mono, entre otras.

También está demostrado que la AFB1 puede afectar el ciclo celular y la mitosis de algunas células, especialmente hepatocitos (Betina, 1989; Roebuck y Maxuitenko, 1994). Consecuentemente, se ha considerado que las aflatoxinas son sustancias de gran actividad citotóxica.

2.3.1.2.3. Efectos inmunopresores

Las aflatoxinas pueden afectar al sistema inmune celular y humoral, provocando aumento en la susceptibilidad de los animales hacia las enfermedades causadas por bacterias, hongos y parásitos. Además, pueden existir efectos inmunotóxicos sin observarse patologías clínicas aparentes (Coulombe, 1994; Miller y Wilson, 1994).



2.3.1.2.4. Mutagenicidad

Dentro de los bioensayos empleados para determinar la mutagenicidad de las aflatoxinas se pueden citar: ensayo Cometa (linfocitos de sangre periférica humana), prueba de Ames (cepas de *Salmonella typhimurium*), detección de aberraciones cromosómicas en linfocitos humanos, cultivos pulmonares embrionarios humanos, células de riñón de rata y hámster, células HeLa, mutaciones en microorganismos como *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Neurospora crassa*, *Salmonella typhimurium*, *Drosophyla melanogaster*, células T de riñón humano, cultivo de leucocitos humanos e inducción de fagos en bacterias lisógenas (Ellis *et al.*, 1991).

2.3.1.2.5. Carcinogenicidad

La capacidad de las distintas aflatoxinas para inducir tumores en especies animales difiere considerablemente, siendo uno de los principales motivos la variabilidad en cuanto a su metabolismo, distribución y excreción, por lo que las cantidades mínimas necesarias para la inducción de cáncer son también dependientes de estas propiedades, sin perder de vista, además, la susceptibilidad relativa de cada especie animal (Loechler, 1994).

2.3.1.2.6. Teratogenicidad

Algunas de las aflatoxinas son capaces de interferir en el desarrollo normal de los fetos, y la respuesta depende del estado del desarrollo del feto, la dosis y la vía de administración. En los mamíferos si la administración se realiza durante la organogénesis activa (8 días) ocasiona la muerte fetal y la reabsorción de algunos fetos, siendo posible observar malformaciones en algunos fetos que logran sobrevivir. Si la toxina es aplicada después del día 13, cuando la organogénesis está casi finalizando, no ocurre malformación de fetos, y la reabsorción y muerte ocurre en baja frecuencia (Hayes, 1981).

2.3.2. Contaminación de los alimentos con aflatoxinas

Las aflatoxinas se han detectado como contaminantes naturales en un gran número de productos agrícolas, habiéndose confirmado su presencia en prácticamente todas las zonas del mundo y en mayor o menor grado, en casi todos los alimentos de primera necesidad (Soriano, 2007).



La contaminación fúngica y por aflatoxinas pueden ocurrir en cualquier punto de la cadena alimentaria, desde el cultivo hasta la recolección, el transporte, el almacenamiento y el procesado de los diferentes productos agrícolas. Los factores que favorecen la proliferación de los hongos toxígenos son principalmente las altas temperaturas y una elevada humedad relativa, así como la humedad del suelo, las sequías extremas y los daños producidos en las semillas y los frutos por golpes mecánicos y el ataque de insectos, roedores, pájaros, entre otros (Soriano, 2007).

El almacenamiento y el transporte en condiciones inapropiadas se han identificado como puntos críticos para evitar la contaminación por aflatoxinas, recomendándose siempre la limpieza y ventilación de los recintos de almacenaje y, sobre todo, el secado de los productos agrícolas hasta un nivel de humedad que impida el crecimiento de los hongos y que puede variar según cada producto agrícola.

Los alimentos considerados más susceptibles a la contaminación fúngica y la consiguiente producción de aflatoxinas incluyen típicamente al maíz, los cacahuates, los pistachos, las nueces de Brasil, las semillas de algodón y la copra. También se han encontrado aflatoxinas en otras semillas oleaginosas como el girasol y la soya, en los aceites vegetales sin refinar, en otros frutos secos como las almendras, las avellanas y las nueces, en las especias como el pimentón, el chile, la pimienta, así como también en las frutas deshidratadas como los higos, las pasas, el café y el cacao (Soriano, 2007).

2.3.3. Efecto de las aflatoxinas en los animales

Existen grandes diferencias entre las especies en la susceptibilidad a dichas toxinas. Los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos de la misma especie, así también los machos son más susceptibles que las hembras. Una característica común en los animales afectados es la presentación de lesiones hepáticas, con marcada proliferación de los conductos biliares, necrosis hepática y en la mayoría de los casos, tumores hepáticos. La legislación del Reino Unido señala que los límites máximos que puede alcanzar la AFB1 en los alimentos destinados al consumo animal, son relativamente bajos y éstos se muestran en la Tabla 3.



Tabla 3. Límites establecidos en el Reino Unido para los contenidos de aflatoxinas en los alimentos para los animales (mg de aflatoxina B1/kg)

Materias primas para raciones: Excepto cacahuete, copra, semillas de palma, algodón, babasu, maíz y los productos obtenidos de su procesado	0.05
Raciones compuestas completas para el ganado vacuno ovino y caprino: Excepto terneros, corderos y cabritos	0.02
Raciones compuestas completas para cerdos y aves: excepto lechones y pollitos	0.05
Otras raciones compuestas completas	0.02
Raciones complementarias para ganado vacuno, ovino y caprino: Excepto vacas lecheras, terneros y corderos	0.01
Raciones complementarias para cerdos y aves: Excepto animales jóvenes	0.03
Otras raciones complementarias	0.005

(McDonald *et al.*, 2002)

En México existe la Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA-2002, productos y servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias, en donde se menciona en el apéndice normativo A, los límites permitidos para aflatoxinas en cereales destinados al consumo animal. Los cereales con un contenido mayor a 20 µg/kg de aflatoxinas y que se destinen para la alimentación de animales, para consumo humano directo o como parte de alimentos procesados, deberán ajustarse a lo dispuesto en la Tabla 4.

Tabla 4. Límites permitidos en los cereales de aflatoxinas para consumo animal

Especie/Etapa de producción	Límite máximo µg/kg
Aves excepto pollos de engorda	100
Cerdos de engorda:	
Entre 25-45 kg	100
Mayores de 45 kg	200
Maduros destinados a reproducción	100
Rumiantes:	
Maduros destinados a reproducción	100



2.3.4. Efecto de las aflatoxinas en la avicultura

Las aflatoxinas en las aves causan hemorragias múltiples que van acompañadas de anorexia, disminución del crecimiento o de la producción de huevo, así como incubabilidad y una hepatotoxicosis con ictericia, además altera la función del riñón y la respuesta inmunológica (Cuca *et al.*, 1982). Interfieren en la síntesis de proteínas, en el metabolismo de los carbohidratos y los lípidos, inhiben la transcripción de ácidos nucleicos y la translocación de RNA; inhiben el ciclo de Krebs y la fosforilación a través de la mitocondria (Quist *et al.*, 2000).

Sawhney *et al.* (1973) encontraron, que utilizando aflatoxina marcada radioactivamente, en gallinas de postura después de la administración se recuperó el 28% de la aflatoxina a las 24 horas post-administración y a los 7 días después de la administración, el 71% de la aflatoxina marcada. Por otro lado Mabee *et al.* (1973) y Chen *et al.* (1984), encontraron que al alimentar a pollos de engorda con una dieta contaminada con aflatoxinas se encontraron residuos en varios tejidos de los cuales los más importantes fueron: el ventrículo, el hígado y el riñón y después de suspender la dieta contaminada en un lapso de 4-10 días, no pudieron encontrar residuos detectables de aflatoxina en los tejidos. Estos autores concluyeron que en el pollo de engorda los residuos de aflatoxina en los tejidos aumentan con el contenido de aflatoxina en la dieta, y disminuyen con el aumento de la edad (o después de una exposición más prolongada). La eliminación de la aflatoxina de los tejidos fue más rápida en las aves de mayor edad que en las aves más jóvenes.

En los pavos las aflatoxinas producen una extensa mortalidad en pavipollos; los niveles bajos de aflatoxinas producen anomalías en la coagulación de la sangre y disfunción en la inmunidad (Quist *et al.*, 2000). El principal sitio de acción de las aflatoxinas es el hígado donde se metabolizan y se acumulan y producen grandes cambios enzimáticos; el riñón también forma parte de la destoxicación de las aflatoxinas presentan menor daño (Guengerich *et al.*, 1998). Estando en el hepatocito las aflatoxinas son procesadas principalmente por dos complejos enzimáticos, el citocromo P450, y las glutatión-S-trasferasas (GSH), estos dos complejos son responsables de la mayoría del metabolismo y destoxicación de las aflatoxinas en el organismo (Rawal *et al.*, 2010; Rawal *et al.*, 2011).

Esta biotransformación de la aflatoxina es de tal importancia para que se ejerza el efecto tóxico, sin embargo, el citocromo P450 del hígado de los pavos es muy deficiente en esta biotransformación es 3.5 veces menos eficiente que el P450 del pollo, esto explica en parte, la susceptibilidad de esta especie a la intoxicación con aflatoxina (Klein *et al.*, 2000; Rawal *et al.*, 2011). Por otro lado existe evidencia suficiente que la conjugación del



epóxido (AFBO) por medio de la GSH es el factor determinante para la susceptibilidad a la aflatoxina en las diferentes especies, mas importante aunque la activación por parte del P450, por ejemplo, los ratones son muy resistentes a la intoxicación con AFB, sin embargo el P450 es muy eficiente en la activación de la misma; sin embargo, su GSH también es muy eficiente en la destoxificación a diferencia del pavo que tiene deficiencias en GSH, esto hecho explica en parte la susceptibilidad especial de los pavos a la intoxicación por AF. Las aves tienen deficiencias en la destoxificación por GSH y son muy eficientes en la transformación o activación de la AFB por parte del complejo citocromo P450 (Hayes, 1981; Guengerich *et al.*, 1998; Klein *et al.*, 2000).

En trabajos anteriores indican que la absorción es muy rápida, casi toda la aflatoxina que se consume por vía oral es absorbida (Yunus, 2011). En cuanto a la excreción, las aflatoxinas son sometidas a diversas transformaciones en metabolitos principalmente en el hígado. Sin embargo, la eliminación de las aflatoxinas del organismo es mucho más lenta.

2.4. Ácidos orgánicos

Estos compuestos tienen una gran actividad antimicrobiana, y son principalmente los de cadena corta, como el fórmico, el acético, el propiónico, el butírico y los que tienen un grupo hidroxilo como el láctico, el málico, el tartárico y el cítrico los cuales han demostrado beneficios en el crecimiento de los animales. Los ácidos orgánicos (AO) son ácidos débiles y se disocian sólo parcialmente. Muchos de los ácidos orgánicos con efectos benéficos sobre el rendimiento de los animales también son conocidos por ser eficaces conservadores del alimento. Han sido utilizados como aditivos y conservadores en las raciones y los alimentos, y son un grupo de compuestos monocarboxílicos saturados de cadena corta (Cherrington *et al.*, 1991); éstos originalmente se utilizaban como fungicidas pero en los últimos 30 años se han utilizado varias combinaciones para examinar su potencial bacteriostático y bactericida.

Se ha demostrado que el anión ácido forma complejos con Ca, P, Mg y Zn, que se traducen en una mejor absorción de estos minerales. Además, los ácidos orgánicos sirven como sustratos en el metabolismo intermediario (Kirchgessner y Roth, 1988). Aunque han sido ampliamente estudiados, los mecanismos antibacterianos para los ácidos orgánicos no están completamente elucidados, ya que los mismos son capaces de exhibir propiedades bacteriostáticas y bactericidas dependiendo de diversos factores (Ricke, 2003).

Dada la naturaleza de ácido débil de la mayoría de estos compuestos, el pH se considera como un factor determinante en la eficacia, ya que afecta a la concentración de ácido no disociado, por lo que la importancia de un pH bajo sobre la actividad antimicrobiana de los ácidos orgánicos puede explicarse por su efecto sobre la disociación del ácido. A pH bajo,



la mayor parte del ácido orgánico estará en la forma no disociada. Los ácidos orgánicos no disociados son lipofílicos y pueden difundir a través de las membranas celulares. Una vez dentro de la célula bacteriana, el pH más alto del citoplasma provoca la disociación del ácido en aniones y protones, provocando la reducción en el pH del citoplasma y de los contenidos celulares para así dar la interrupción de las reacciones enzimáticas, el metabolismo de macromoléculas y los sistemas de transporte de nutrientes. El transporte del exceso de protones consume adenosin-trifosfato (ATP) lo que se traduce en el agotamiento de la energía celular (Cherrington *et al.*, 1991; Ricke, 2003).

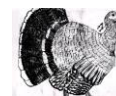
En general, la actividad enzimática se reduce en pH bajos y este es un efecto secundario de la acidificación del citoplasma, autores reportan que en presencia de ácidos orgánicos se inhiben enzimas como la glucosa-fosfato deshidrogenasa, la piruvato cinasa, la lactato deshidrogenasa, entre otras, esto refleja la sensibilidad específica de las enzimas a los cambios en el pH (Cherrington *et al.*, 1991). Por otro lado, la síntesis de macromoléculas se ve afectada por la acidificación, autores reportan que en presencia de ácidos orgánicos la síntesis proteica, la síntesis de ADN y ARN se ve disminuida, esto refleja la sensibilidad de las enzimas biosintéticas a los cambios del pH. En cuanto al ADN, Cherrington *et al.* (1991) sugirieron que el anión del ácido puede interferir con la conformación de la molécula de ADN mediante la interacción con las cargas de iones alrededor de ella. Las diferencias en la estructura de estos aniones, podrían explicar las diferencias en la actividad de los ácidos orgánicos con un mismo o similar pKa (fuerza que presentan las moléculas para disociarse y es expresada como el logaritmo negativo de la constante de disociación ácida de un ácido débil).

$$pK_a = -\log K_a$$

2.4.1. AO en la avicultura

Además de que sirven como protectores de la mucosa en pollos, los AO mejoran la conversión alimenticia, incrementan la absorción de nutrientes, el peso y el rendimiento de la canal (Alcicek *et al.*, 2004; Ao *et al.*, 2009; Marín-Flamand *et al.*, 2014); reducen el pH de la digestión, aumentan la secreción pancreática y el tropismo hacia el tracto gastrointestinal; reducen la producción de toxinas bacterianas que colonizan la pared intestinal y previenen de daños a las células epiteliales, mejoran la digestibilidad de las proteínas, absorción del calcio, el fósforo, el magnesio y el zinc, y sirven como sustrato en el metabolismo intermediario (Adil *et al.*, 2010).

Los usos y efectos que tienen los ácidos orgánicos sobre las aflatoxinas son variados, se han utilizado a varios niveles, desde su uso como inhibidores del crecimiento microbiano en los granos y alimentos almacenados, para prevenir la producción de toxinas producidas por estos microorganismos. Singh (1987) utilizó ácidos orgánicos solos y en mezclas, para inhibir el crecimiento de especies toxígenas de hongos y encontró que



utilizando los ácidos orgánicos a una concentración de 5% a los 6 meses de almacenaje se inhibió al 100% la colonización de los granos por hongos y a los 8 meses se redujo al 80%.

Los ácidos orgánicos también se han utilizado para descontaminar los granos y alimentos ya contaminados, Méndez-Albores *et al.* (2007) reportaron niveles de 87% de descontaminación de aflatoxinas utilizando ácido cítrico al 1.0 N de concentración en alimento para patos al 0.1 N de concentración. Por otro lado también se ha reportado que los ácidos orgánicos tienen propiedades antimutágenas. Lankaputhra y Shah (1998) utilizaron bacterias productoras de ácidos orgánicos para disminuir la mutagenicidad de varios mutágenos, entre ellos la aflatoxina, y obtuvo niveles de hasta 50% de disminución en la mutagenicidad para la misma.

Como se puede observar el problema de la contaminación de granos y alimentos por las aflatoxinas, es de suma importancia en la industria avícola, como anteriormente se mencionó, se han utilizado diversos métodos para el control de este problema; sin embargo, el uso de mezclas de ácidos orgánicos administrados en el agua de bebida para el control de la aflatoxicosis aviar ha sido poco estudiado, y aún hace falta investigar el uso correcto de este método de control, con el fin de encontrar mejoras en los parámetros productivos, como son el peso vivo corporal, el índice de conversión alimenticia, el consumo de alimento y la tasa de supervivencia.



3. Justificación

Debido a que la información sobre el uso de ácidos orgánicos suministrados en el agua de bebida se ha enfocado principalmente a la prevención de la contaminación con *Salmonella* y *Campilobacter* en pollos de engorda (Byrd *et al.*, 2001; Chaveerach *et al.*, 2004), surge la necesidad de evaluar combinaciones apropiadas de ácidos orgánicos, las cuales puedan ser suministradas en el agua de bebida, con el objetivo de mejorar los parámetros productivos de pavos alimentados con una dieta complementada con una mezcla de oleaginosas.

4. Hipótesis

El uso de una mezcla de ácidos orgánicos suministrada en el agua de bebida a una concentración de 0.1% (p/v) mejorará los parámetros productivos de pavos alimentados con una dieta complementada con oleaginosas.



5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de una mezcla de ácidos orgánicos suministrada en el agua de bebida en los parámetros productivos, peso relativo de algunos órganos y pH de algunas secciones del tracto gastrointestinal de pavos alimentados con una dieta complementada con oleaginosas.

5.2. Objetivos particulares

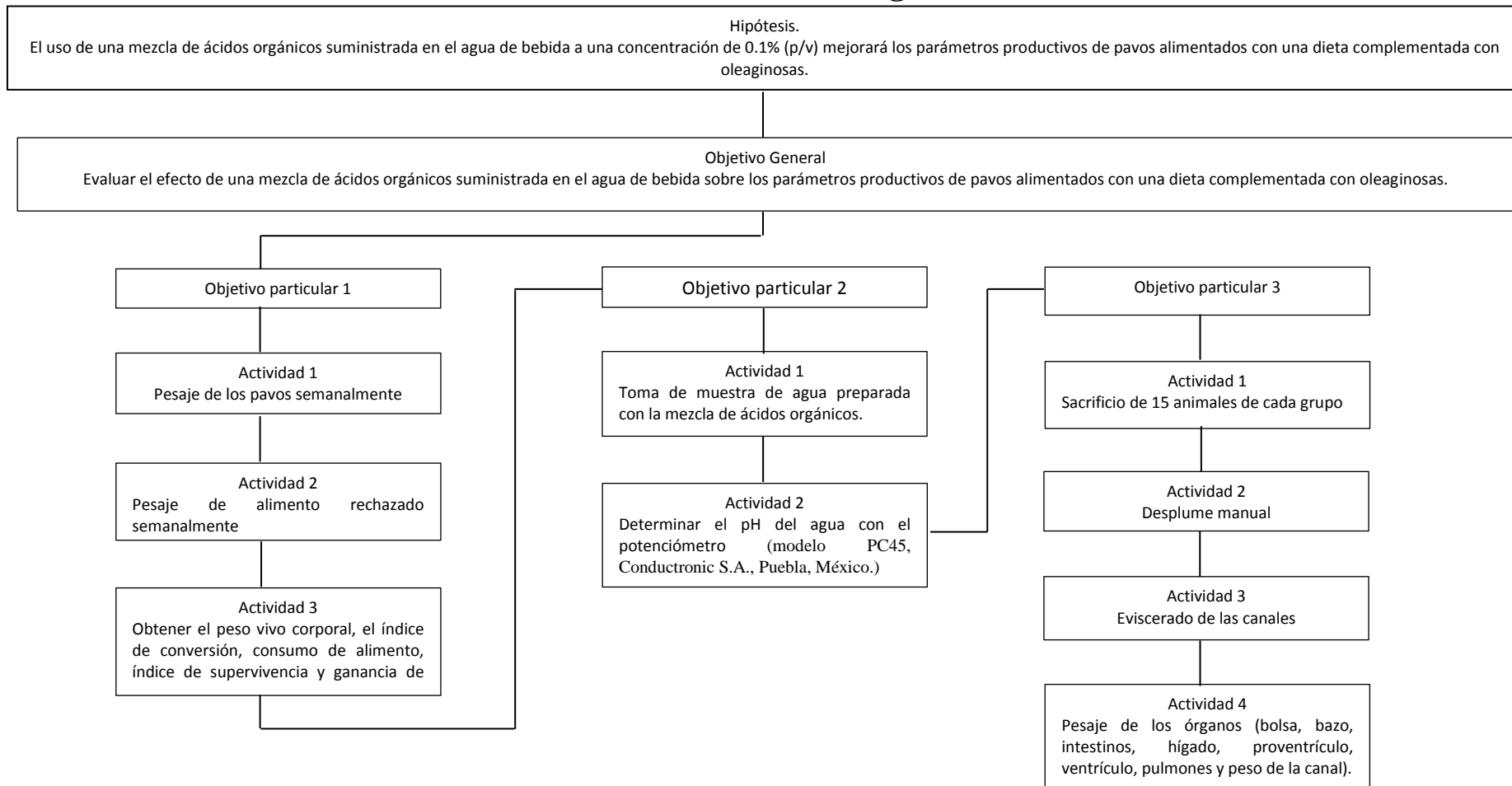
Determinar el efecto de una mezcla de ácidos orgánicos suministrada en el agua de bebida sobre los parámetros productivos y la tasa de supervivencia en pavos alimentados con una dieta complementada con oleaginosas.

Evaluar el efecto de una mezcla de ácidos orgánicos suministrada en el agua de bebida sobre el pH del proventrículo y de la unión ileocecal de los pavos alimentados con una dieta complementada con oleaginosas.

Evaluar el efecto de una mezcla de ácidos orgánicos suministrada en el agua de bebida sobre peso relativo de órganos en pavos alimentados con una dieta complementada con oleaginosas.



6. Cuadro metodológico





7. Materiales y Métodos

7.1. Ética animal

El experimento se condujo con base en las recomendaciones del Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE) aprobado por la Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de estudios Superiores Cuautitlán.

7.2. Lugar

El presente trabajo se realizó en el Módulo de Aves del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, ubicado en la carretera Cuautitlán-Teoloyúcan, Km. 2.5 en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. La instalación está situada a 2,252 msnm., latitud norte 19°, 41', 35'' y longitud 90°, 11', 42'': bajo condiciones de clima templado subhúmedo: Enero es el mes más frío y Mayo el más caluroso. La temperatura media anual es de 14.7 °C con poca variación. La humedad relativa es de 67.9% con 669 mm de precipitación pluvial media anual, presión atmosférica de 585.1 mm de Hg., dirección de los vientos dominantes Norte-Sur. (Estación meteorológica FESC 2013). Dicho módulo se muestra en la Figura 2. Las dimensiones del módulo de aves es de: 59 × 14 × 3 metros con una pendiente del 5%.



Figura 2. Módulo de aves del Centro de Enseñanza FES-Cuautitlán



7.3. Animales

Se utilizaron 150 pavipollos de 4 semanas de edad estirpe Nicholas 700, los cuales se dividieron en un grupo control y un grupo experimental con 5 repeticiones de 15 aves, las cuales se seleccionaron al azar. Se alojaron en corraletas de $2.9 \times 1.8 \times 1$ m.; se mantuvieron a una temperatura de inicio de 28°C y de ahí se disminuyó la temperatura con el manejo de cortinas hasta alcanzar la temperatura ambiente hasta la semana 14 de edad. El piso se cubrió con viruta a un espesor de 5 cm. Se vacunaron contra la enfermedad de viruela aviar a la tercera semana de edad y se vacunaron contra enfermedad de Newcastle a la semana 6 de edad, como se muestra en la Figura 3.

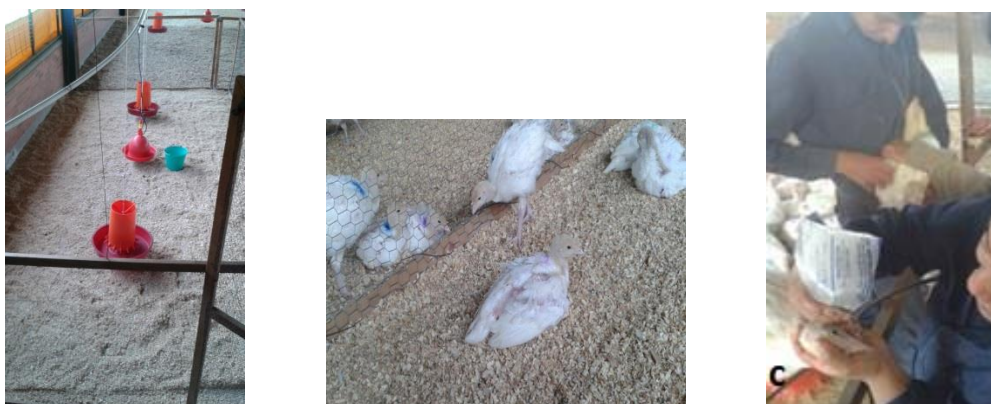


Figura 3. (a) Equipo e instalación para el alojamiento de los pavos; (b) Pavos a la semana 4 de edad; (c) Vacunación contra la enfermedad de Newcastle a la semana 6 de edad.

7.4. Agua

El agua fue suministrada *ad libitum*. Para el grupo experimental el agua (200 L) fue preparada a una concentración de 0.1% (p/v) de la mezcla de ácidos orgánicos (AO) en los cuales se utilizaron: ácido ascórbico (A) [2-(1,2-dihidroxi-etil)-4,5-dihidroxi-furano-3-1], ácido cítrico (C) (2-hidroxi-propano-1,2,3-ácido tricarbóxico) y ácido DL-málico (M) (ácido hidroxibutanoico), en una proporción de 35:60:5 (A:C:M). La mezcla de ácidos orgánicos se realizó de la siguiente manera: primero se pesó el ácido málico, después el ácido ascórbico mezclándose lentamente con el ácido málico, posteriormente se adicionó el



ácido cítrico e igualmente homogenizó lentamente. En la Figura 4 se muestra el pesaje de los AO empleados para preparar la mezcla.



Figura 4. Pesaje de los ácidos orgánicos

7.5. pH

Se analizó el pH del agua con la mezcla de AO por el método 970.21 de la AOAC (AOAC, 2000) con un potenciómetro (modelo PC-45, Conductronic S.A., Puebla, México.). Brevemente, se tomaron 50 ml del agua acidificada (recientemente preparada) y se le determinó directamente el pH insertando el electrodo en la solución. Por cada preparación de agua acidificada (200 L) se determinó el pH con el método descrito anteriormente. En la figura 5 se muestra el potenciómetro así como la determinación del pH.



Figura 5. Determinación del pH del agua acidificada



7.6. Alimentación

Se utilizó alimento comercial para pavos de la marca Nutrición Técnica Animal S.A. de C.V., el cual fue suministrado bajo el siguiente esquema: el alimento con un contenido de 26% de proteína de la semana 4 a la semana 7 de edad, el de 22% de proteína de la semana 7 a la semana 10 de edad y el de finalización de la semana 10 a la 14 de edad.

Las dietas de los dos grupos experimentales se complementaron con una mezcla de oleaginosas compuesta de cacahuete, pepita, haba, pistache y almendra, empleando una relación de 5% (p/p). Esta dieta complementada se proporcionó a las aves a partir de la semana 5 de edad. Para lograr una mejor homogeneidad, la dieta complementada se mezcló en una revolvedora durante 15 minutos como se muestra en la Figura 6.

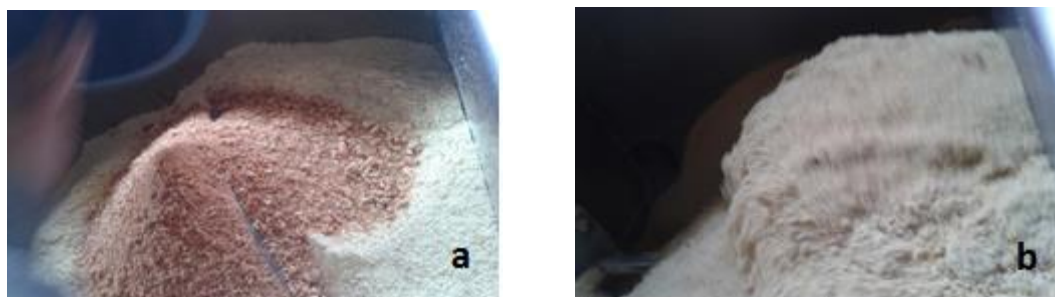


Figura 6 (a) Alimento y mezcla de oleaginosas en la mezcladora; (b) alimento mezclado

7.6.1. Análisis químico proximal

Se realizó un Análisis Químico Proximal (AQP) al alimento mezclado en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicado en Morelia, Michoacán. A continuación se describen los métodos utilizados para realizar el AQP.



7.6.1.1. Humedad

Se pesaron 3g de muestra en una balanza analítica (Sartorius BL 1205), ya pesado el material se sometió a secado en una estufa (Felisa modelo FE-292 D) a 103°C por 24 h. Las muestras se transfirieron a un desecador y posteriormente se procedió al pesaje. Esta muestra a la que se le determinó el contenido de humedad sirvió para el análisis del extracto etéreo.

De los datos obtenidos, el porcentaje de humedad se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{PM1 - PM2}{PM1} \times 100$$

Dónde:

PM1: peso de la muestra húmeda

PM2: peso de la muestra seca

En la Figura 7 se ilustra el procedimiento para determinar la humedad.



Figura 7. Pesaje de la muestra; (b) Estufa Felisa (modelo FE-292 D); (c) Muestras en el desecador



7.6.1.2. Extracto etéreo (E.E)

Se pesaron 2 g de muestra en los cartuchos de celulosa para extracción de grasa y se cubrieron con algodón. Los matraces bola fueron llevados a peso constante y posteriormente se colocaron en un extractor tipo Soxhlet cargado con 200 ml de hexano, seguido se colocaron los cartuchos con la muestra y la extracción se realizó por un periodo de 6 h. después de realizar este procedimiento cartuchos se sometieron en una estufa a 103° por 60 minutos. La mezcla de grasa y hexano contenida en el matraz se colocó en un rotavapor (HAHNSHIN SCIENTIFIC CO Mod. HS-2001NS) y una vez extraído el hexano se sometieron a secado en la estufa a 103° por 30 minutos., posteriormente, se colocaron en un desecador.

De los datos obtenidos, el porcentaje de extracto etéreo se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\% \text{ de EE} = \frac{PMm - PM}{g \text{ de muestra}}$$

Dónde:

E.E: extracto etéreo

PMm: peso en gramos del matríz después de la extracción

PM: peso en gramos del matríz

En la Figura 8 se muestra parte del método Soxhlet para determinar el extracto etéreo



Figura 8. Extracción de la grasa por el método Soxhlet; (b) Muestra de hexano con grasa en el rotavapor y (c) muestra de grasa después de extraer el hexano

7.6.1.3. Fibra cruda

Se pesó la muestra proveniente de la determinación de E.E. Se preparó 1 L de H₂SO₄ al 1.25% y 1 L de NaOH al 1.25%, seguido se adicionaron 200 ml de H₂SO₄ al 1.25% en los



matraces y éstos se calentaron hasta ebullición en una plancha térmica (CIMAREC THERMO SCIENTIFIC), después se adicionó la muestra y durante 30 minutos se mantuvo en agitación y ebullición; después la muestra se filtró con una tela de lino para posteriormente lavarla con 50 ml de agua destilada en ebullición. Posteriormente se realizó una hidrolisis alcalina con 200 ml de NaOH al 1.25% e igualmente se mantuvo en ebullición durante 30 minutos, se filtró y se lavó con 50 ml de agua destilada hirviendo, y finalmente se colocaron las muestras en crisoles a peso constante y se llevaron a la estufa de secado a 105 °C durante 1 h. Después las muestras fueron incineradas a 550 °C en una mufla (Thermolyne, tipo A 1300) durante 30 minutos, posteriormente los crisoles se colocaron en el desecador.

De los datos obtenidos, el porcentaje de fibra cruda se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de FC} = \frac{(Ms - Pc) - (C - Pc)}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

Dónde:

Ms: Muestra seca

Pc: peso en gramos del crisol

C: peso en gramos de las cenizas

En la Figura 9 se ilustra el método por el cual se determinó la fibra cruda.

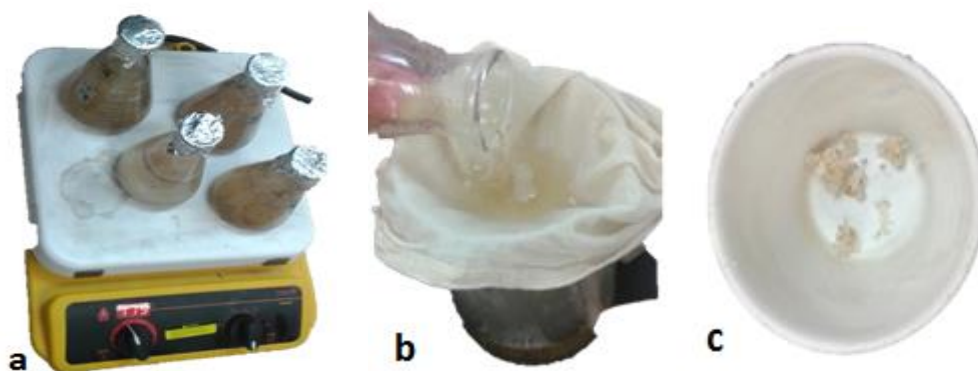


Figura 9 (a) Ebullición de la muestra en la placa térmica; (b) Filtrado de la muestra en la tela de lino; (c) Muestra para someter a incineración



7.6.1.4. Cenizas

Se pesaron 3g de muestra en crisoles para después carbonizarlas a temperatura baja (a la flama de un mechero) y posteriormente las muestras se sometieron a incinerar en una mufla (Thermolyne, tipo A 1300) a 600°C por 3 h. Al término de esta incineración las muestras se colocaron en un desecador hasta lograr una temperatura constante.

De los datos obtenidos, el porcentaje de cenizas a se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{N \times 100}{P}$$

Donde:

N: peso en gramos de las cenizas

P: peso en gramos de la muestra

En la Figura 10 se muestra una representación esquemática del método para determinar el contenido de cenizas.

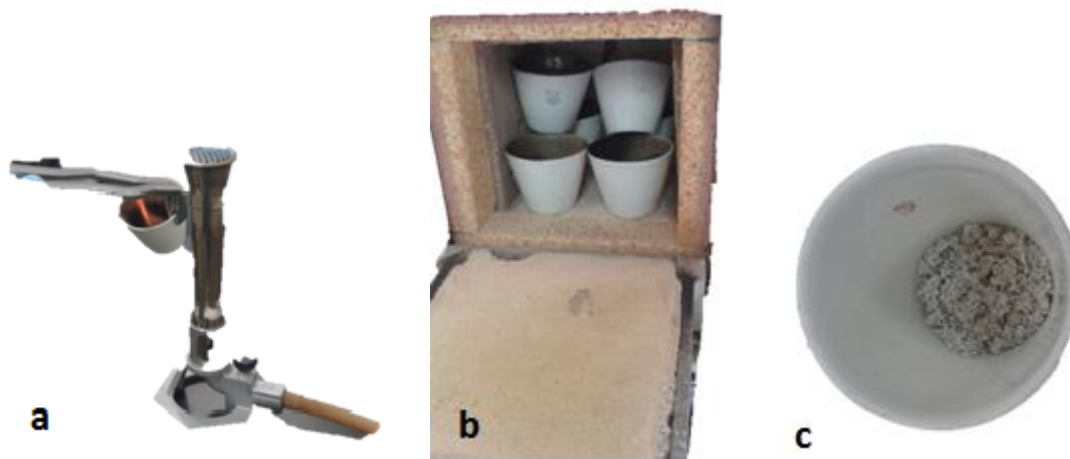


Figura 10. (a) Proceso de carbonización; (b) Incineración en la mufla; (c) Muestra después de la incineración

7.6.1.5. Proteína

Se pesaron 0.6g de muestra y se le adicionó 7g de K_2SO_4 (Sulfato de Potasio), 0.8g de $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ (Sulfato de Cobre pentahidratado) y se adicionaron 12 ml de H_2SO_4 (Ácido Sulfúrico), la mezcla se colocó en tubos para el digestor tipo Kjeldahl (Heating Digester DK 6) y se sometieron a una temperatura de 460°C durante 60 minutos. Terminada la



digestión, a temperatura ambiente se adicionaron 20 ml de agua destilada colocando los tubos en un destilador (distillation unit UDK 129) donde se adicionaron 75 ml de agua destilada y 100 ml de NaOH al 45%, la destilación se llevó a cabo durante 5 min. Posteriormente, en un matraz se colocaron 30 ml de H₃BO₃ (ácido trioxobórico) con una mezcla de indicadores (rojo de metilo y verde de bromocresol), para posteriormente realizar una titulación con HCl a una concentración 1.1428 N.

De los datos obtenidos, el porcentaje de proteína se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\% \text{ de } N = \frac{\text{ml HCl} \times N \text{ HCl} \times 0.14}{\text{g de muestra}}$$

$$\% \text{ de } P = \% N \times \text{factor de conversión (6.25)}$$

Donde:

ml HCl: mililitros de ácido clorhídrico

N HCl: Normalidad de ácido clorhídrico

En la Figura 11 se muestra el método por el cual se determinó la proteína cruda (PC).

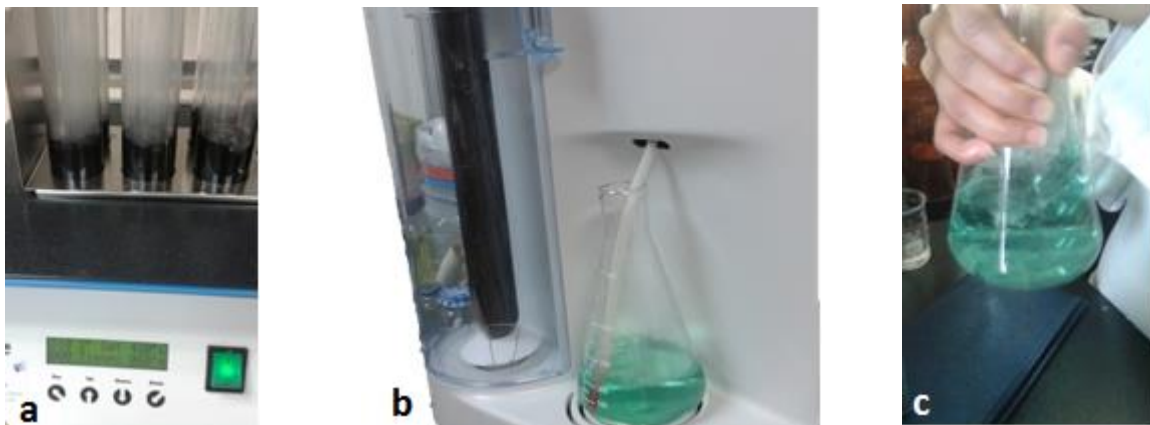


Figura 11. (a) Digestión de la muestra; (b) Destilación; (c) Titulación para conocer el % de nitrógeno



7.6.2. Determinación de aflatoxinas en el alimento

La cuantificación de aflatoxinas se determinó de acuerdo al método 991.31 de la AOAC (AOAC, 2000), utilizando columnas de anticuerpos monoclonales para aflatoxinas B1 y B2 (VICAM, Milford Massachusetts, EE.UU.). Para realizar la extracción se pesaron 50 g de muestra (mezcla de oleaginosas y alimento comercial) con 5 g de cloruro de sodio (NaCl) grado reactivo y 100 ml de metanol al 80% (v/v), utilizando una licuadora de laboratorio durante 2 minutos (Mod. S18BL30; Waring, New Hartford, Connecticut, EE.UU.), donde se extrajeron las toxinas. La mezcla se filtró a través de un papel filtro Whatman número 4 pre-doblado, de la cual se obtuvieron 10 ml del filtrado y se diluyeron en 20 ml de agua destilada. La dilución se filtró con papel filtro Whatman 1 y de esta se tomaron 10 ml y se pasaron por una columna de inmunoafinidad (Aflatest, Vicam). Posteriormente, la columna se lavó dos veces con 10 ml de agua destilada y se llevó a sequedad. Las toxinas se eluyeron con 1 ml de metanol HPLC, posteriormente se adicionó a este eluido 1 ml de revelador (solución de bromo al 0.002%) y se agitó por espacio de 15 segundos en un vórtex, después de un minuto se cuantificó el contenido de aflatoxinas en un fluorómetro (VICAM serie 4EX). El límite de detección de aflatoxinas empleando columnas de inmunoafinidad a través de la medición de la fluorescencia es de aproximadamente 0.5 ng/g (Hansen, 1990). En la Figura 12 se muestra el procedimiento de extracción, purificación de la toxina con el uso de columnas de anticuerpos monoclonales y cuantificación por fluorometría.

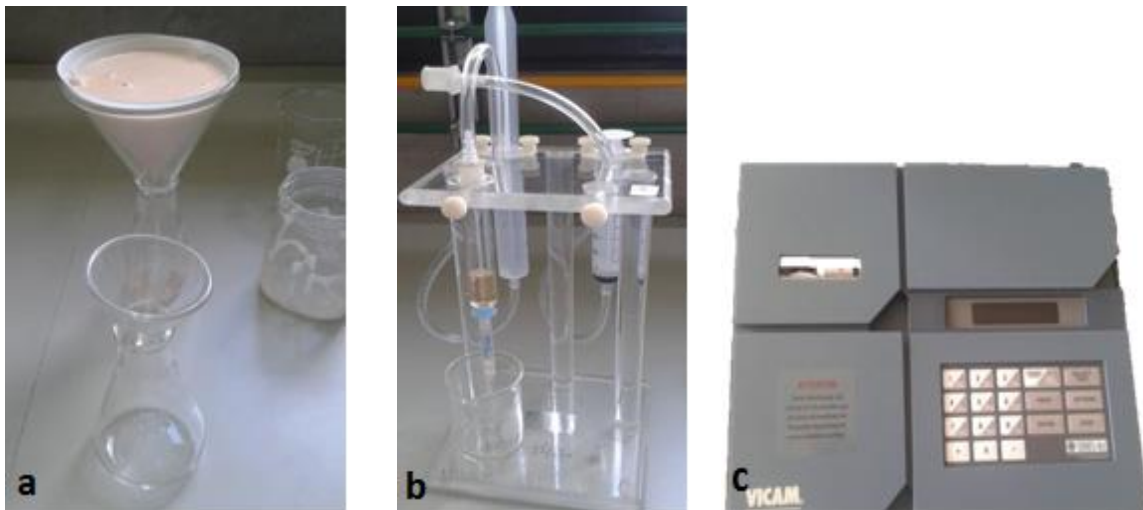


Figura 12. (a) Extracción de aflatoxinas con metanol al 80%; (b) Purificación de aflatoxinas empleando columnas de inmunoafinidad; (c) Cuantificación de aflatoxinas por fluorometría



7.7. Evaluación de los parámetros productivos

Los pavos fueron individualmente pesados al inicio del experimento (semana 4 de edad), y posteriormente a intervalos semanales hasta el final del experimento (semana 14 de edad) utilizando una báscula (EQB-20/40 TOR-REY). El peso vivo corporal, el consumo de alimento, el índice de conversión alimenticia y la tasa de supervivencia fueron calculados durante este periodo. Al final del experimento, se seleccionaron 3 pavos por cada repetición, los cuales se pesaron e identificaron antes de ser sacrificados. Para su transporte, éstos se encostalaron tal como se muestra en la Figura 13.

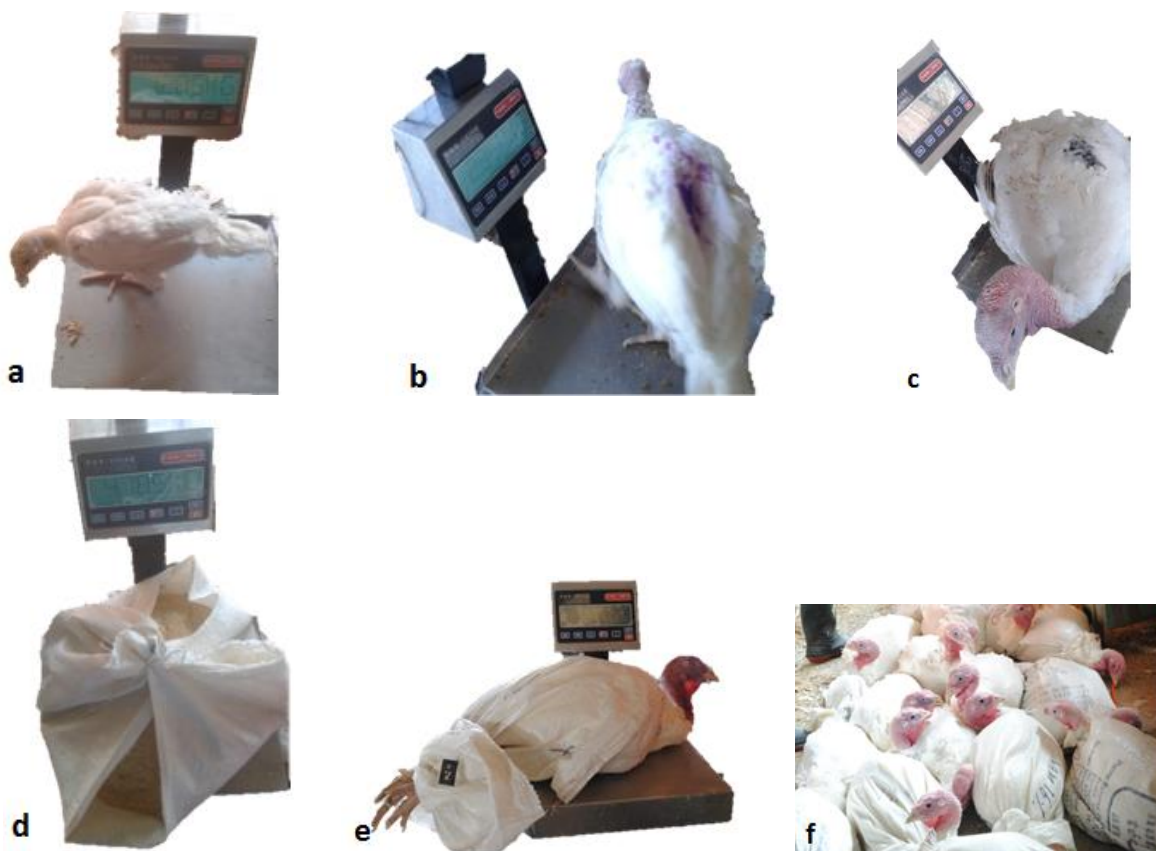


Figura 13. (a, b y c) Pesaje de los pavos a la semana 5, 8 y 13 de edad; (d) Pesaje del alimento; (e, f) Pesaje y encostado de los pavos

7.7.1. Sacrificio

El sacrificio de los pavos se realizó en el Taller de Carnes del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.



Sacrificio: se colocaron los pavos colgados de la tibia y se electroinsensibilizaron durante 15 segundos con descanso cada 5 segundos; posteriormente, se realizó un corte de carótidas para desangrar a las aves. El procedimiento se realizó de acuerdo a la NOM-033-ZOO-1995. Finalmente, los pavos fueron escaldados en agua a una temperatura entre 60°-62°C durante 1 minuto, para remover las plumas, lo cual se realizó manualmente tal como se muestra en la Figura 14.



Figura 14. (a) Corte del paquete carotideo de los pavos; (b) Escaldado; (c) Desplumado manual



Eviscerado: se realizó un corte en la cavidad abdominal para poder extraer los órganos (el proventrículo, el ventrículo, el hígado, el intestino delgado y grueso, el bazo, la bolsa de Fabricio y el páncreas), de estos órganos únicamente fueron considerados para determinar el peso relativo al proventrículo, ventrículo, hígado, intestinos, bazo, bolsa de Fabricio y pulmones. En la Figura 15 se ilustra el procedimiento de eviscerado y extracción de los órganos. Adicionalmente, se determinó el pH del proventrículo y de la unión ileocecal utilizando un potenciómetro semiportátil (modelo PC45, Conductronic S.A., Puebla, México.).

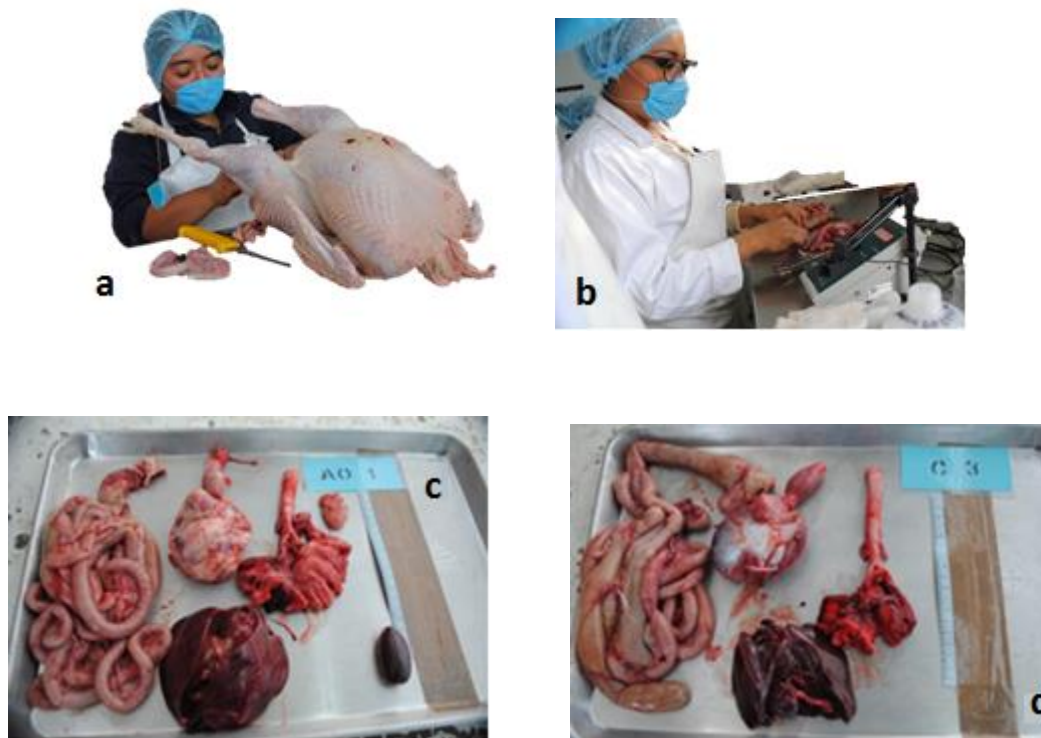


Figura 15. (a) Eviscerado de las canales de los pavos; (b) Determinación del pH en algunas secciones del tracto gastrointestinal; (c) Órganos del grupo de los AO y (d) Órganos del grupo control



8. Diseño experimental y Análisis estadístico

El presente trabajo consistió de dos tratamientos con cinco repeticiones de 15 animales cada una, los cuales fueron distribuidos de manera aleatoria. Los datos obtenidos se analizaron mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1998) utilizando un diseño completamente al azar y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Dunnet con una significancia de 0.05

9. Resultados y Discusión

9.1. Análisis químico proximal

En las Tabla 5 se muestra el análisis químico proximal (AQP) del alimento comercial complementado con la mezcla de oleaginosas (5%, p/p), el cual fue suministrado a los pavos en las tres etapas. Según el fabricante (Nutrición Técnica Animal S.A de C.V.) el alimento de iniciación contenía 26% de proteína, el alimento de engorda contenía 22% de proteína y el alimento de finalización contenía 19% de proteína. Después de la complementación del alimento con la mezcla de las oleaginosas, se observó un incremento moderado en el contenido de proteína y grasa en las tres diferentes dietas, producto de la inclusión de la mezcla de oleaginosas. Según Cuca *et al.* (1982) y Ensminger (1992), el contenido de proteína en las tres diferentes etapas de alimentación en los pavos debe de ser de 26, 22 y 19%. En este experimento los valores fueron ligeramente superiores, para el



caso de la ración de 26% de proteína se observó un incremento de un 3.74% en este parámetro, para el caso de la dieta con un contenido de 22% de proteína se observó un incremento de un 3.86%, mientras que para la dieta con un contenido de 19% de proteína, se registró un incremento de 1.61% (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis químico proximal del alimento con diferentes contenidos de proteína suministrado a los pavos

Parámetro	Contenido de proteína (%)		
	26	22	19
Proteína cruda	29.74±0.40	25.86±0.49	20.61±0.41
Extracto etéreo	6.58±0.17	6.3±0.21	7.32±0.13
Cenizas	7.28±0.26	6.10±0.16	7.12±0.08
Fibra cruda	2.47±0.02	2.59±0.07	2.92±0.09
Carbohidratos	53.93±0.14	59.24±0.32	62.03±0.49
EM (MJ/kg)	16.48	16.61	16.59

Valor promedio de 3 repeticiones ± error estándar

EM: Energía metabolizable

Revintong y Moran (1990) reportaron contenidos de proteína de 26.1, 22 y 18.8% en el alimento para pavos en las etapas de iniciación, engorda y finalización, respectivamente. Por otra parte, Havenstein *et al.* (2007) reportaron contenidos de proteína en el orden de 23.23, 20.34 y 17.53%, en el alimento para pavos de las mismas etapas anteriormente señaladas. Adicionalmente, Church (2002) reportó únicamente dos dietas para la engorda de pavos, para el periodo de 0-8 semanas utilizó un contenido de proteína de 28%, mientras que para el periodo de 8-16 semanas empleó un contenido de proteína de 22%. La información que señalan estos autores muestra gran variabilidad en el ajuste proteico para las dietas de los pavos en las diferentes etapas. Cabe señalar que estos valores corresponden a dietas sin la complementación de otra fuente proteica como son las oleaginosas. En la presente investigación, las tres dietas presentaron un ligero incremento en la cantidad de proteína, lo cual está directamente relacionado a la complementación con la mezcla de oleaginosas a un contenido de 5% (p/p). McDonald *et al.* (2002) mencionan que la calidad de la proteína de algunas de las semillas oleaginosas es comparable a la de las proteínas de origen animal como las harinas de pescado y de carne. Los valores correspondientes a la razón de eficiencia proteica y al valor proteico bruto confirman la buena calidad de la proteína de las semillas de oleaginosas, aunque si bien su valor químico es bajo. Del nitrógeno total de las harinas de semillas de oleaginosas, aproximadamente 95 g/kg se encuentra como proteína verdadera. La proteína de buena calidad oscila entre 75% y 90%.



En la Tabla 5 también se muestra el contenido de extracto etéreo en el alimento complementado con la mezcla de oleaginosas. Los valores en el contenido de grasa estuvieron en el rango de 6.58-7.32% para las diferentes raciones suministradas a los pavos. Según Ensminger (1992), el contenido de grasa en las tres diferentes etapas de alimentación en los pavos debe de encontrarse en el rango de 2.47-5.31%. Tenorio-Hernández (2015, datos no publicados) reportó un contenido de extracto etéreo de 4.95 y 4.5% para dietas de pavos con un contenido de proteína de 26 y 24%, respectivamente. Por otra, parte Cervantes-Aguilar (2004) reportó un contenido de extracto etéreo de 4.82% para dietas de pavos con un contenido de proteína de 19%. Tomando en consideración estos valores en esta investigación, las dietas suplementadas con la mezcla de oleaginosas presentaron incrementos de 1.63, 1.8 y 2.5%, respectivamente. Este moderado incremento en el contenido de grasa de las raciones está directamente relacionado a la adición de la mezcla de oleaginosas al alimento. Laudadio *et al.* (2009) reportaron valores de 6.25, 4.66 y 3.59% de extracto etéreo para el alimento de iniciación, engorda y finalización, respectivamente. Por otra parte, Revington y Moran (1990) reportaron contenidos de 5.5, 5.3 y 5.5% de extracto etéreo en el alimento para pavos de las etapas anteriormente señaladas. Adicionalmente, Túmová *et al.* (2002) reportaron contenidos de 3.27, 2.52 y 2.99% de extracto etéreo en el alimento para pavo en las etapas de inicio, engorda y finalización, respectivamente. Los datos anteriormente señalados corroboran que en este experimento el contenido de grasa fue ligeramente superior, esto debido a la adición de la mezcla de oleaginosas al 5% (p/p) en el alimento, la cual contenía principalmente cacahuete. Campos-Mondragón (2015) menciona que el cacahuete es una de las oleaginosas con mayor contenido de grasa, por lo que su rendimiento supera al oliva, al cártamo y a la soya. Este tipo de grasas contienen cantidades mayores de ácidos grasos insaturados. La grasa del cacahuete se compone en su mayoría por ácidos grasos monoinsaturados (55%, principalmente oleico) seguido de poliinsaturados (27%, principalmente linoleico) y una menor proporción de ácidos grasos saturados (18%).

La Tabla 5 también muestra los valores del contenido de cenizas y de fibra cruda para los tres diferentes tipos de raciones. Para el caso de las cenizas, el contenido promedio fue de 6.80%, mientras que los valores en el contenido de fibra estuvieron en el rango de 2.47-2.92%. Túmová *et al.* (2002) reportaron un contenido de cenizas de 6.28, 5.93 y 4.86%, y contenidos de fibra cruda de 3.21, 2.74 y 2.27% en el alimento para pavos de las etapas de iniciación, engorda y finalización, respectivamente. Laudadio *et al.* (2009) reportaron contenidos de cenizas de 7.78, 6.42 y 5.7% y de 3.26, 3.14 y 2.29% de fibra cruda en el alimento para pavos de las etapas anteriormente señaladas. Church *et al.* (2002) mencionan que la fibra cruda está formada principalmente por carbohidratos estructurales vegetales como celulosa y hemicelulosa, aunque también puede contener algo de lignina, la cual es una sustancia indigerible por los pavos. En la presente investigación, tanto los valores de cenizas y fibra cruda se encontraron dentro de los contenidos reportados por diferentes autores para alimento destinado a la engorda de los pavos.



Finalmente, la Tabla 5 muestra el contenido de carbohidratos no estructurales que presentaron los tres diferentes tipos de raciones que fueron complementadas con la mezcla de oleaginosas. Entre más bajo el contenido de proteína de la dieta, más alto fue el contenido de carbohidratos, así para la ración con el contenido de 19% de proteína (finalización) se registró un valor de carbohidratos de 62.03%. En general, los carbohidratos son fácilmente aprovechados por las aves, debido a su alto contenido de azúcares y almidones, de esta manera cubriendo las necesidades calóricas de los pavos. Con base a la información de la literatura científica, las proteínas y los carbohidratos aportan 16.74 kJ/g, respectivamente, mientras que los lípidos aportan 37.66 kJ/g (FAO, 2003). Tomando en consideración estos valores, se calculó el valor de la energía metabolizable para los tres diferentes tipos de raciones complementadas con la mezcla de oleaginosas (Tabla 5). Para las dietas de inicio, engorda y finalización la energía metabolizable fue de 16.48, 16.61 y 16.59 MJ/kg, respectivamente. Havenstein *et al.* (2007) reportaron un contenido de energía metabolizable de 3550 kcal/kg (14.86 MJ/kg) para dietas de pavos machos de más de 17 semanas de edad. Estos valores son ligeramente inferiores a los aquí reportados, considerando que en esta investigación los tres tipos de raciones fueron complementadas con la mezcla de oleaginosas.

9.2. pH del agua suministrada a los pavos

El pH del agua suministrada a los pavos que contenía la mezcla de los AO al 0.1% (p/v) fue de 3.39 ± 0.034 . Marín-Flamand *et al.* (2014) reportaron que a una concentración de 0.5% (p/v) de la misma mezcla de AO, el agua de bebida suministrada a los pollos de engorda presentó un valor de pH de 2.68. Este valor en el pH es ligeramente más bajo que el aquí reportado, debido principalmente a las diferencias en las concentraciones empleadas. Byrd *et al.* (2001) utilizaron ácido láctico a una concentración de 0.44% (v/v) en el agua de bebida en pollos de engorda, para lo cual reportaron un pH cercano a 3.00. Por otra parte, Chaveerach *et al.* (2004) reportaron un pH de 4 en el agua de bebida para pollos de engorda, la cual se le suministró una mezcla de AO de un producto comercial. Estos valores de pH se encuentran en el intervalo en comparación con el valor aquí reportado.

9.3. Contenido de aflatoxinas en las raciones

En los resultados de la cuantificación de aflatoxinas en la mezcla de oleaginosas se observó que el contenido de aflatoxinas fue en promedio de 4.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$, mientras que en el alimento comercial (Nutrición Técnica Animal S.A de C.V.) fue en promedio de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y en el suministrado fue de 14.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$. En el apéndice ii del Codex sobre cereales, legumbres



y leguminosas 1994, se menciona que el contenido máximo de aflatoxinas totales presentes en el cacahuete destinado a ulterior elaboración debe ser de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$, esto sobre un tamaño de muestra de 20 kg, tal como se estipula en los "Planes de Muestreo para el Análisis de las Aflatoxinas Presentes en el Maní y el Maíz" que figura en el Estudio FAO: Alimentación y Nutrición No. 55.

Richard *et al.* (1972) reportaron que dosis entre 50-150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de AFB1 en el alimento, pueden ocasionar daños por aflatoxicosis de ligeros a moderados. A dosis de 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de AFB1, los asutores reportaron valores de 0.4 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de AFB1 en sangre de pavos con 13 semanas de edad. Otros autores reportan diferentes contenido de AFB1 para ocasionar daño en los pavos, Witlock y Wyatt (1981) y Arafa *et al.* (1981) mencionan que la dosis mínima es de 500 y 700 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de AFB1, respectivamente. Hamilton *et al.* (1972) señalan que la contenido mínima para causar efecto sobre el peso vivo corporal de los pavos es de 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de AFB1. Christensen *et al.* (1978) mencionan que las aves de corral son susceptibles a una dosis letal 50 (LD_{50}) de 300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal, siendo la LD_{50} para los pollos de engorda de 600-1600 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal. En la presente investigación, aun cuando se complementó la dieta con la mezcla de oleaginosas, ésta no presentó un contenido de aflatoxinas por arriba de los 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$; consecuentemente, se esperaría que las aves no se vieran afectadas en sus parámetros productivos por causa de una intoxicación por micotoxinas.

9.4. Parámetros productivos

9.4.1. Peso vivo corporal

En la Tabla 6 se muestra el peso vivo corporal de los pavos de la semana 4 a la semana 14 de edad. El peso vivo corporal no mostró diferencia estadística significativa ($p>0.05$) de la semana 4 a la semana 10 de edad entre los tratamientos; sin embargo, de la semana 11 a la semana 14 se encontró diferencia estadística significativa ($p<0.05$) entre los tratamientos. En la semana 11 de edad, el grupo tratado con los AO presentó 112 g más en el peso vivo corporal en comparación con el grupo control. El mismo comportamiento se observó en las semanas 12, 13 y 14 de edad, presentando 141, 176 y 207 g más en el peso vivo corporal en comparación del grupo control, respectivamente. A la semana 14 de edad, el peso final de los pavos pertenecientes al grupo control fue de 9.848 kg, mientras que para el caso del grupo al que se le suministró la mezcla de los AO en el agua de bebida, el peso final fue de 10.055 kg (Tabla 6).



Tabla 6. Peso vivo corporal de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

Semana	Peso vivo corporal (kg)			Valor (P<)	SEM
	Control	AO	Diferencia AO-Control		
4	0.740 a	0.739 a	0.001	NS	0.010
5	1.247 a	1.245 a	0.002	NS	0.016
6	1.857 a	1.884 a	0.027	NS	0.022
7	2.490 a	2.521 a	0.031	NS	0.027
8	3.104 a	3.139 a	0.035	NS	0.031
9	4.229 a	4.264 a	0.035	NS	0.047
10	5.243 a	5.289 a	0.046	NS	0.065
11	6.506 a	6.618 b	0.112	0.001	0.060
12	7.603 a	7.744 b	0.144	0.001	0.054
13	8.799 a	8.975 b	0.176	0.001	0.090
14	9.848 a	10.055 b	0.207	0.001	0.102

Datos con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

AO: ácidos orgánicos

NS: no significativo

SEM: error estándar de la media

Revington y Moran (1990), reportaron valores de peso vivo corporal de 0.780, 2.770, 5.960 y 8.590 kg para pavos en las semanas 4, 8, 12 y 16 de edad, respectivamente. Por otra parte, Havestein *et al.* (2007) reportaron pesos de 1.291, 2.660, 4.798, 6.620, 9.379 y 11.576 kg en pavos de las semanas 4, 6, 8, 10, 12 y 14 de edad, respectivamente. Adicionalmente, Aviagen (2014) reporta valores en el peso vivo corporal de 1.220, 2.440, 4.100, 6.260 8.740 y 11.41 kg en pavos de la línea Nicholas 700 a las semanas 4, 6, 8, 10, 12 y 14 de edad. Tumorová *et al.* (2002), reportaron un valor de 9.032 kg de peso vivo corporal para pavos machos a la semana 20 de edad.

Como puede observarse, los datos del peso vivo corporal presentan variabilidad entre autores; sin embargo, hay que tener en consideración que en este experimento los pavos iniciaron con un peso vivo inferior al que correspondería en la semana 4 de edad, de acuerdo a Ensminger *et al.* (1992) y Aviagen (2013), reportan un peso vivo corporal de 1 kg y 1.25 kg, respectivamente; sin embargo, los valores en el peso vivo corporal de los pavos tanto del grupo control como el grupo de los AO superaron significativamente a lo reportado por Tumorová *et al.* (2002). Chaveerach *et al.* (2004) no reportaron diferencia estadística significativa en el peso vivo corporal de pollos de engorda tratados con una mezcla comercial de AO en el agua de bebida. Además, Yesilbag y Colpan (2006) suplementaron gallinas de postura con una mezcla de ácido fórmico y propiónico en el alimento y no encontraron diferencia estadística significativa en el peso vivo corporal, el consumo de alimento y el índice de conversión alimenticia. En la presente investigación, el suministrar la mezcla de AO en el agua de bebida mejoró significativamente el peso vivo



corporal de las semanas 11 a la 14 de edad en pavos alimentados con dietas complementadas con una mezcla de oleaginosas.

Adicionalmente, en la Figura 16 se ilustra el comportamiento del peso vivo corporal de los pavos de la semana 4 a la semana 14 de edad. La tendencia que se observa es que a partir de la semana 11 de edad, los pavos del grupo de los AO presentaron diferencia estadística significativa en el peso vivo corporal.

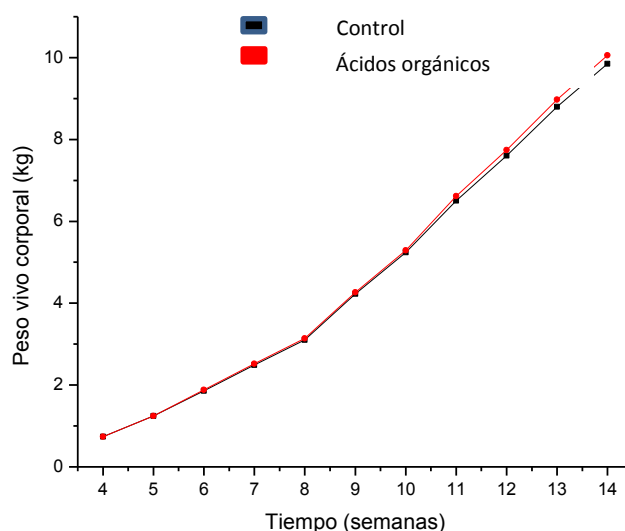


Figura 16. Peso vivo corporal de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

9.4.2. Ganancia de peso

En la Tabla 7 se muestra la ganancia de peso de los pavos a partir de la semana 5 hasta la semana 14 de edad. La ganancia de peso no presentó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$), de la semana 5 a la semana 10 de edad entre los tratamientos. Sin embargo, a partir de la semana 11 a la semana 14 de edad, se observó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en este parámetro. En la semana 11 de edad, los pavos del grupo perteneciente a los AO presentaron un incremento en la ganancia de peso de 66 g, en comparación con el grupo control. Para las semanas 12, 13 y 14, el incremento en la ganancia de peso para los pavos del grupo AO fue de 29, 35 y 30 g, respectivamente.

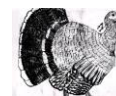


Tabla 7. Ganancia de peso de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

Semana	Ganancia de peso (kg)			Valor (P<)	SEM
	Control	AO	Diferencia AO-Control		
5	0.507 a	0.506 a	0.001	NS	0.019
6	0.610 a	0.619 a	0.009	NS	0.020
7	0.634 a	0.638 a	0.004	NS	0.027
8	0.614 a	0.618 a	0.004	NS	0.028
9	1.124 a	1.125 a	0.001	NS	0.039
10	1.014 a	1.025 a	0.011	NS	0.047
11	1.263 a	1.329 b	0.066	0.025	0.046
12	1.097 a	1.126 b	0.029	0.041	0.023
13	1.196 a	1.231 b	0.035	0.033	0.025
14	1.050 a	1.080 b	0.030	0.047	0.022

Datos con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

AO: ácidos orgánicos

NS: no significativo

SEM: error estándar de la media

Aviagen (2014) reporta ganancias de peso por día de 116, 123, 129 y 135 g para pavos de la línea Nicholas 700 a las semanas 11, 12, 13 y 14 de edad, respectivamente. En la presente investigación, los valores de la ganancia de peso por día de los pavos del grupo control fueron de 180, 157, 171 y 150 g, mientras que en los pavos del grupo de los AO, la ganancia de peso por día alcanzó valores de 190, 161, 176 y 154 g. Estos valores corresponden a las semanas 11, 12, 13 y 14 de edad, respectivamente. En general, los valores reportados por Aviagen (2014) fueron significativamente más bajos en comparación con los aquí reportados. Por el contrario, Applegate *et al.* (2008) mencionan que a la semana 12 de edad, los pavos presentan una ganancia de peso de 1.58 kg, este valor corresponde a pavos con un peso vivo corporal de 8.86 kg.

En la Figura 17 se ilustra la ganancia de peso semanal en los pavos de la semana 5 a la semana 14 de edad. Como puede observarse, a partir de la semana 9 de edad se observó un comportamiento variable en este parámetro. Túmová *et al.* (2002), reportaron un comportamiento similar en la ganancia de peso para pavos machos con restricciones de alimento a los 8 a los 21 días de edad (20 g/día/ave). Este comportamiento está acorde a lo reportado en esta investigación.

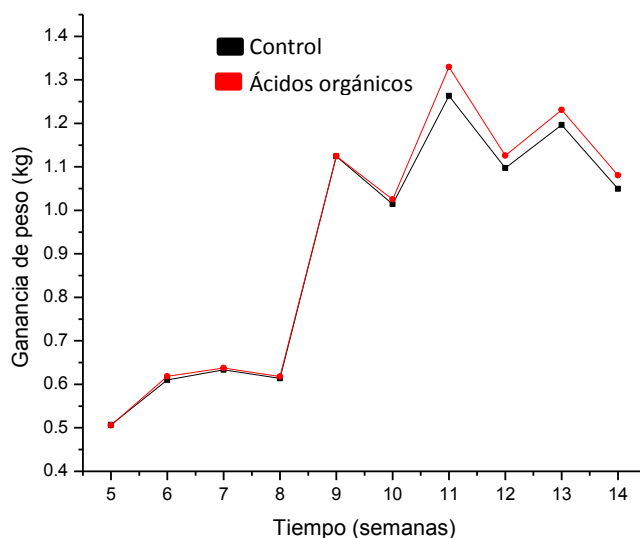


Figura 17. Ganancia de peso de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

Generalmente los ácidos orgánicos poseen un efecto positivo sobre el crecimiento de las aves, debido a que la acidificación incrementa la proteólisis gástrica y la digestibilidad de las proteínas, aumentando la actividad enzimática digestiva (Salgado-Tránsito *et al.*, 2011). La razón por la cual la proteína es mejor utilizada cuando se suministran los ácidos orgánicos, es debido a que el pepsinógeno es convertido en pepsina, lo cual incrementa la actividad de dicha enzima y aumenta la digestibilidad de la proteína. Por otra parte, los péptidos derivados de proteólisis gástrica, desencadenan la liberación de ciertas hormonas, incluyendo la gastrina y la colecistocinina, las cuales regulan la digestión y la absorción de las proteínas y otros nutrientes (Hersey, 1987). Aunado a esto, los ácidos orgánicos estimulan la liberación de las enzimas pancreáticas así como la activación de las mismas, por otro lado la actividad antimicrobiana que ejercen los AO, también mejoran los parámetros productivos y la salud intestinal (Ricke, 2003; Abdel-Fattah *et al.*, 2008).

9.4.3. Consumo de alimento

En la Tabla 8 se muestra el consumo de alimento de los pavos de la semana 5 a la semana 14 de edad. En general, no se presentó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$)



en este parámetro en ambos tratamientos. De la semana 5 a la semana 9 de edad, el consumo de alimento fue en incremento, a la semana 10 se observó un ligero decremento para ambos tratamientos, posteriormente de la semana 11 a la semana 14 de edad se restableció la tendencia de incremento en el consumo de alimento.

Tabla 8. Consumo de alimento de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

Semana	Consumo de alimento (kg)			Valor (P<)	SEM
	Control	AO	Diferencia AO-Control		
5	0.781 a	0.788 a	0.007	NS	0.017
6	1.018 a	1.010 a	0.008	NS	0.018
7	1.238 a	1.228 a	0.010	NS	0.021
8	1.553 a	1.541 a	0.012	NS	0.029
9	1.911 a	1.881 a	0.030	NS	0.030
10	1.797 a	1.774 a	0.023	NS	0.023
11	3.002 a	2.976 a	0.026	NS	0.026
12	3.250 a	3.236 a	0.014	NS	0.034
13	3.314 a	3.316 a	0.002	NS	0.032
14	3.616 a	3.510 a	0.106	NS	0.097

Datos con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

AO: ácidos orgánicos

NS: no significativo

SEM: error estándar de la media

Adicionalmente, en la Figura 18 se esquematiza este comportamiento, se puede observar que a la semana 14 de edad el consumo de alimento difiere entre ambos grupos experimentales; sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa.

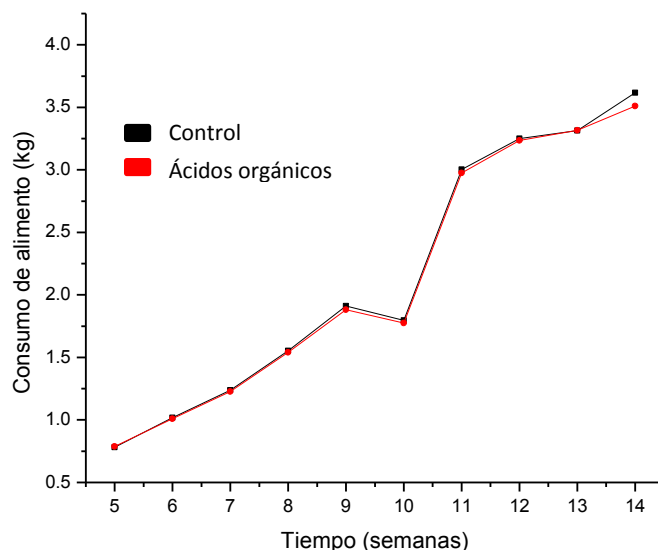


Figura 18. Consumo de alimento de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

Ensminger *et al.* (1992) mencionan que en las semanas 6, 8, 10, 12 y 14 de edad, los pavos presentan un consumo de alimento de 0.860, 1.300, 1.780, 2.250 y 2.660 kg. Por otra parte, Aviagen (2013) señala que en los pavos los valores de consumo de alimento son de 1.04, 1.32, 1.59, 1.93, 2.25, 2.64, 2.91, 3.24, 3.47 y 3.68 kg, valores que corresponden a las semanas 5-14, respectivamente. Esta información del consumo de alimento concuerda con lo encontrado en la presente investigación. Hay que hacer notar que en este trabajo de investigación los valores del consumo de alimento semanal estuvieron ligeramente más bajos que los reportados por Aviagen (2013). En este trabajo, las aves a las cuales se les suministró la mezcla de los AO en el agua de bebida consumieron igual cantidad de alimento en comparación con los pavos del grupo control, lo que implica que estas mezclas de AO no tienen un efecto sobre el consumo de alimento. Diversos autores han reportado que el suministrar AO tanto en el agua de bebida como en el alimento no modifican el consumo de alimento en pollos de engorda (Yalcin *et al.*, 1977; Kirkpinar *et al.*, 1999; Alcicek *et al.*, 2004; Ayhan y Dogan, 2009). Cabe mencionar que a la fecha, la información en la literatura científica referente al uso de mezclas de AO suministradas en el agua de bebida en los pavos es escasa.



9.4.4. Índice de conversión alimenticia

En la Tabla 9 se muestra el índice de conversión alimenticia de los pavos a partir de la semana 5 a la semana 14 de edad. El índice de conversión no presentó diferencia estadística significativa ($P>0.05$), de la semana 5 a la semana 10 de edad entre los tratamientos. Sin embargo, a partir de la semana 11 a la semana 14 de edad, se observó diferencia estadística significativa ($P<0.05$) en este parámetro. En general, de la semana 11 a la semana 14 de edad, los índices de conversión alimenticia más bajos correspondieron al grupo de los AO, la diferencia más notable se observó a la semana 14 de edad. Los pavos pertenecientes al grupo de los AO presentaron un valor en el índice de conversión de 3.249, en comparación con un valor de 3.445 en los pavos pertenecientes al grupo control. Aun cuando en el consumo de alimento no se encontró diferencia estadística significativa, el valor en el índice de conversión para los pavos del grupo de los AO muestra que éstos tuvieron una mejor capacidad para convertir el alimento consumido en peso vivo corporal.

Tabla 9. Índice de conversión de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

Semana	Índice de conversión			Valor (P<)	SEM
	Control	AO	Diferencia AO-Control		
5	1.540 a	1.558 a	0.018	NS	0.012
6	1.668 a	1.632 a	0.036	NS	0.025
7	1.954 a	1.926 a	0.028	NS	0.019
8	2.529 a	2.494 a	0.035	NS	0.024
9	1.700 a	1.672 a	0.028	NS	0.019
10	1.772 a	1.731 a	0.041	NS	0.027
11	2.377 a	2.239 b	0.138	0.021	0.019
12	2.963 a	2.875 b	0.088	0.037	0.016
13	2.770 a	2.694 b	0.076	0.033	0.016
14	3.445 a	3.249 b	0.196	0.014	0.038

Datos con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

AO: ácidos orgánicos

NS: no significativo

SEM: error estándar de la media

Havestein *et al.* (2007) reportaron índices de conversión alimenticia para pavos de 1.53, 1.72, 2.36, 2.85 y 3.54, a las semanas 6, 8, 10, 12 y 14 de edad. Montero-Machuca (2008) reportó índices de conversión alimenticia de 3.555, 4.619 y 6.715 en pavos de la línea BUTA-6 con edades de 12, 13 y 14 semanas, los cuales fueron alimentados con dietas adicionadas con 1 kg de complejo enzimático (Alltech®) por tonelada de alimento. En el



caso de pavos alimentados con dietas adicionadas con oligomananos (Alltech®) a una proporción de 0.5 kg por tonelada de alimento, los índices de conversión reportados fueron de 3.418, 4.003 y 4.343 para las semanas 12, 13 y 14, respectivamente. Por otra parte, en el caso de los pavos del grupo control los valores en el índice de conversión fueron de 3.902, 5.696 y 5.268 en las semanas anteriormente señaladas. En la presente investigación, los valores en el índice de conversión concuerdan con lo reportado por Havestein *et al.* (2007), y están ligeramente por debajo de lo reportado por Montero-Machuca (2008).

La mejora en el índice de conversión ha sido demostrado con anterioridad en pollos de engorda, los cuales fueron alimentados con dietas suplementadas con acidificantes (Denli *et al.*, 2003; Samanta *et al.*, 2010; Ao *et al.*, 2009). Por el contrario, los resultados de la inclusión de ciertos ácidos orgánicos o mezclas de ellos en el agua de bebida de las aves, continúan siendo limitados y controversiales. Parker *et al.* (2006) reportaron que la acidificación del agua (0.08% mezcla de ácidos orgánicos) llevó a una mejora significativa en la conversión alimenticia pero no en el peso vivo corporal, ni en la mortalidad de las aves. Gunal *et al.* (2006) y Adil *et al.* (2010) señalaron que la inclusión de los AO en las dietas de pollos de engorda no afectaron significativamente los parámetros productivos (peso vivo corporal, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia).

En la Figura 19 se ilustra el comportamiento del índice de conversión alimenticia. Como puede observarse, a partir de la semana 10 de edad, presenta una diferencia en el comportamiento sobre el índice de conversión alimenticia, siendo mejor la del grupo de los AO. El índice de conversión fue ligeramente más bajo para el grupo de los AO, Por otra parte, a partir de la semana 10 y hasta la 14 de edad se observó una marcada reducción en este parámetro.

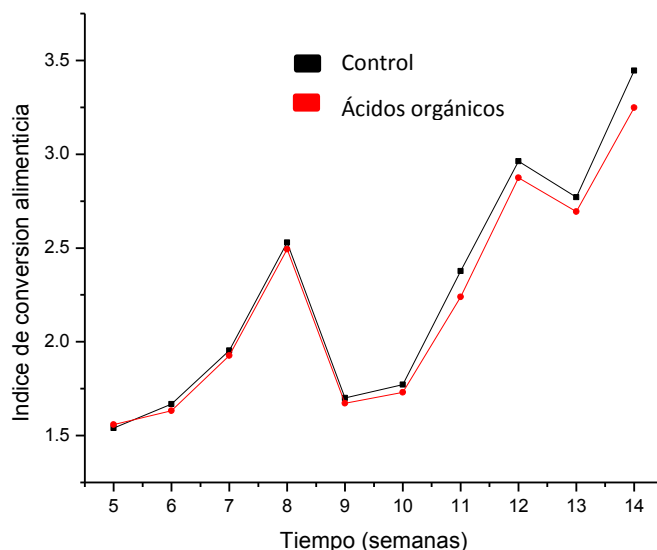


Figura 19. Índice de conversión de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con una adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

9.4.5. Tasa de supervivencia

La tasa de supervivencia en los pavos del grupo que se le suministró la mezcla de AO en el agua de bebida fue de 97.33%, mientras que la supervivencia en el grupo control fue de 94.66%. La mortalidad observada durante el periodo de 10 semanas fue de: 2 pavos del grupo de AO y 4 pavos del grupo control. Es importante señalar que la mortalidad se observó durante las primeras dos semanas del experimento. Roberson *et al.* (2003) reportaron un valor en la tasa de supervivencia de 91.5, 90.0 y 87.7% en pavos de la línea Nicholas con edades de 6, 9 y 12 semanas. Estos valores en la tasa de supervivencia son consistentes con los aquí reportados. Adicionalmente, Majewska *et al.* (2009) reportaron valores en la tasa de supervivencia de 95% y de 95.2%, para el caso de pollos de engorda Ross-308 a los cuales se les suministró dos veces a la semana suero de leche ácido sin diluir y ácido láctico diluido ($4 \text{ cm}^3/\text{L}$ de agua), respectivamente. Estos resultados son similares a los valores encontrados en esta investigación, aunque con otros tipos de ácidos.



9.4.6. Peso relativo de ciertos órganos

En la Tabla 10 se muestran los pesos relativos de algunos órganos de los pavos a la semana 14 de edad. En general, no se presentó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) en este parámetro para ambos tratamientos en lo que respecta al proventrículo, ventrículo, hígado, intestinos y bazo. Por otra parte, la bolsa de Fabricio fue el único órgano linfóide que presentó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), la cual presentó un notable aumento en el peso relativo para las aves del grupo de los AO en comparación con el grupo control (0.127 vs 0.081).

Tabla 10. Peso relativo de los órganos de los pavos alimentados con una dieta suplementada con una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

Órgano	Peso relativo			Valor ($P <$)	SEM
	Control	AO	Diferencia AO-Control		
Proventrículo	1.403 a	1.432 a	0.029	NS	0.015
Ventrículo	1.671 a	1.717 a	0.046	NS	0.013
Hígado	1.397 a	1.432 a	0.035	NS	0.019
Intestino	3.050 a	3.058 a	0.008	NS	0.118
Bazo	0.131 a	0.122 a	0.009	NS	0.007
Bolsa de Fabricio	0.081 a	0.127 b	0.046	0.009	0.003
Pulmones	0.497 a	0.505 a	0.008	NS	0.012

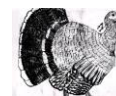
Datos con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

AO: ácidos orgánicos

NS: no significativo

SEM: error estándar de la media

Denli *et al.* (2003) reportaron que el rendimiento de la canal así como el peso del hígado de pollos de engorda alimentados con dietas conteniendo la mezcla de AO no fue significativamente modificado a los 42 días de edad. Esta información es consistente con los hallazgos de la presente investigación, debido a que el peso relativo del hígado de las aves a las que se les suministró la mezcla de AO en el agua de bebida no fue modificado. Marín-Flamand *et al.* (2014) reportaron que no existieron diferencias significativas en el peso relativo del proventrículo, ventrículo, hígado, intestino, bazo y bolsa de Fabricio de pollos de engorda en los cuales se les adicionó diferentes mezclas de AO en el agua de bebida. Por otra parte, Hassan *et al.* (2010) reportaron incrementos en el peso relativo de la bolsa de Fabricio en aves a las cuales se les suministró una mezcla comercial de AO (Galliacid® y Biacid®). Este incremento en el peso relativo de los órganos linfoides como la bolsa de Fabricio, está relacionado a una mejora en el sistema inmunológico de las aves y en consecuencia a una mejor resistencia contra las enfermedades. Katanbaf *et al.* (1989) reportaron que el incremento del peso relativo de la bolsa de Fabricio, es considerado un indicador de avances inmunológicos en los pollos de engorda.



9.4.7. pH en algunas secciones del tracto gastrointestinal

En la Tabla 11 se muestran los valores pH del proventrículo y de la unión ileocecal de los pavos en la semana 14 de edad. El pH de ambas secciones del tracto gastrointestinal no presentó diferencia estadística significativa ($P>0.05$), para ambos tratamientos. En general, las aves presentaron un valor promedio de pH en el proventrículo de 4.15, mientras que la unión ileocecal presentó un valor promedio de pH de 5.90 (Tabla 12). Los valores de pH de las secciones del tracto gastrointestinal que se presentan en esta investigación, muestran que éste posee un fuerte efecto amortiguador, considerando que las aves a las cuales se les suministró en el agua de bebida la mezcla de AO no presentaron un significativo decremento en el pH de estas secciones.

Tabla 11. pH del proventrículo y de la unión ileocecal de los pavos alimentados con una dieta complementada de una mezcla de oleaginosas y con adición de una mezcla de AO en el agua de bebida

	pH			Valor (P<)	SEM
	Control	AO	Diferencia AO-Control		
Proventrículo	4.14 a	4.17 a	0.03	NS	0.080
Unión ileocecal	5.89 a	5.91 a	0.02	NS	0.110

Datos con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

AO: ácidos orgánicos

NS: no significativo

SEM: error estándar de la media

Según Abdel-Fattah *et al.* (2008), mencionan que los niveles de pH de las regiones del tracto gastrointestinal es un factor que establece la población microbiana y los efectos de la absorción y digestión de los nutrientes. Hernández *et al.* (2006) reportaron que el suministrar un producto conteniendo una mezcla de ácidos propiónico y fórmico en la dieta no afectó significativamente el pH de diferentes secciones del tracto gastrointestinal de las aves. La mayoría de los agentes patógenos crecen en un pH cercano a 7 o superior a este, por el contrario los microorganismos saprófitos crecen en un pH ácido, de 5.8-6.2, compitiendo con los microorganismos patógenos; consecuentemente, la mezcla de AO que se suministre en el agua de bebida puede ser una alternativa para mejorar la respuesta inmunológica así como para mejorar algunos de los parámetros productivos de los pavos (Boling *et al.*, 2001, Rahmani y Speer, 2005; Salgado-Transito *et al.*, 2011)



10. Conclusiones

En la presente investigación se muestra que al adicionar la mezcla de ácidos orgánicos (Ascórbico, Cítrico y Málico) en el agua de bebida para pavos de cuatro semanas de edad, alimentados con una dieta complementada con una mezcla de oleaginosas al 5 %, mejoró el peso vivo corporal, la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia, a partir de la semana 11 de edad; el cual se mantuvo inferior en los parámetros antes mencionados.

La tasa de supervivencia fue superior en las aves que recibió la mezcla de los ácidos orgánicos, presentando una tasa de 97.33%, en comparación con los pavos que no recibieron el agua acidificada, los cuales presentaron una tasa de 94.66%.

El suministro de agua acidificada no modificó el pH del tracto gastrointestinal de las secciones del proventrículo y la unión ileocecal en comparación de las aves que no recibieron el agua acidificada.

La adición de la mezcla de ácidos orgánicos en el agua de bebida no afectó el peso relativo de los órganos de los pavos a excepción de la bolsa de Fabricio, la cual presentó un peso mayor en comparación con las bolsas de Fabricio de las aves que no recibieron el agua acidificada.

En general, bajo estas condiciones de la investigación, la adición de esta mezcla de ácidos orgánicos en el agua de bebida mejoró los parámetros productivos de los pavos, como el peso vivo corporal, la ganancia de peso, el índice de conversión alimenticia y la tasa de supervivencia a partir de la semana 11 de edad.

11. Recomendaciones

Se recomienda determinar el contenido de grasa corporal en la canal para determinar si el incremento es debido a un mayor contenido de grasa o musculo.

Adicionalmente, se recomienda realizar pruebas en las canales para evaluar si al suministrar la mezcla de ácidos orgánicos en el agua de bebida se producen cambios en el color, la textura, la humedad y la calidad sanitaria de la canal.



12. Bibliografía

- Adil, S., Banday, T., Bhat, G. A., Mir, M. S., & Rehman, M. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Veterinary Medicine International*, 2010. 6-7.
- Abdel-Fattah S.A, El-Sanhoury M.H, El-Endnay N.M., Abdel-Azeem F. Thyroid activity, some blood constituents, organs morphology and performance of broiler chicks fed supplemental organic acids. *International Journal of Poultry Science*. 2008. 7(3):215-222.
- Alcicek A. Bozkurt M., Cabuk M. the effect of a mixture of herbal essential oils, an organic acid or probiotic on broiler performance. *South African Journal Animal Science*. 2004. 34(4):217-222
- Ao, T., Cantor, A. H., Pescatore, A. J., Ford, M. J., Pierce, J. L., Dawson, K. A. Effect of enzyme supplementation and acidification of diets on nutrient digestibility and growth performance of broiler chicks. *Poultry Science*, 2009. 88:1, 111-117.
- AOAC (Association of Oficial Analytical Chemists), 2000 Oficial Methods of Analysis Gaithersburg Md. USA.
- Applegate T., Adedokun S., Powers W., Angel R. Determination of nutrient mass balance in turkeys. 2008. 87:2477-2485.
- Arafa, A. S., Bloomer R. J., Wilson H. R., Simpson C. F., Harms R.H. Susceptibility of various poultry species to dietary aflatoxin. *British Poultry Science*. 1981.22:431-436.
- Ayhan K.C y Dogan T.S. The efecto of and organic acid and etheric oils mixture on fattening performance, carcass quality and some blood parameter of broilers. *Hournal of Animal and Vetrinary Advances*. 2009. 8(1):94-98.
- Betina V. Biological aspect of micotoxin. Chap 3. Chemical and enviromental Aspects. N.Y., U.S.A. 1989. 438.
- Boling., Frankenbach S.D., Snow J.L., Parsons C.M., Baker D.H. The effect of citric acid on the calcium and phosphorus requirements of chicks fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*. 2001. 80: 783-788.
- Byrd J. A., Hargis B. M., Caldwell D. J., Bailey R. H., Herron K. L., McReynolds J. L., Kubena L. F. Effect of lactic acid administration in the drinking water during preslaughter feed withdrawal on *Salmonella* and *Campylobacter* contamination of broilers. *Poultry Science*, 2001. 80:3, 278-283.
- Campos-Mondragón M.G. Aceite de cacahuete, genuina estabilidad y nutrición. Facultad de Nutrición de la Universidad Veracruzana. 2015
- Cervantes-Aguilar FJ. Evaluación. Evaluación del desperdicio de oleaginosas en dieta de pavo en etapa de finalización. (Tesis de licenciatura) Estado de México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 2004.
- Chaveerach, P., Keuzenkamp, D. A., Lipman, L. J. A., Van Knapen, F. Effect of organic acids in drinking water for young broilers on *Campylobacter* infection, volatile fatty acid production, gut microflora and histological cell changes. *Poultry Science*, 2004. 83:3, 330-334.



- Cherrington C.A., Hinton M., Mead G.C., Chopra I. Organic acids: chemistry, antibacterial activity and practical applications. *Advances Microbiology Physiology*. 1991. 32:1, 87-108.
- Ch'ih J.J., Devlin, T. M. The distribution and intracellular translocation of aflatoxin B1 in isolated hepatocytes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 1984. 122:1, 1-8.
- Christensen C.L., Mirocha C.J., Meronuck R.A. *Molds, micotoxins and micotoxicoses*. Agricultural Experiment Station, University of Minnesota. 1977.
- Church D.C., Pond W.D., Pond K.R. *Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales*. Limusa Noriega 2002.
- Coulombe R.A. Nohepatic disposition and effects of aflatoxin B1. Chap. 5 The toxicology of aflatoxin. D.L. Eaton and J.D. Groopman (Eds.) Academic Press, San Diego, U.S.A. 1994. 89-101.
- Cuca G.M., Ávila G.E y Pro M.A. *Alimentación de las aves*. Colegio de posgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. 1982: 2-22, 41-43.
- Davis W.D., Dickens J.W., Freil R.L., Hamilton P.B., Shotwell O.L., Wylli T.D., - Fulkerson J.F. Protocols for surveys, sampling post-collection, handling and analysis of grain samples involved in micotoxins problems. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*. 1980; 63:95-102
- Denli, M., Okan, F., Celik, K. Effect of dietary probiotic, organic acid and antibiotic supplementation to diets on broiler performance and carcass yield. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2003. 2(2):89-91.
- Ellis, W.O., Smith, J.P., Simpson, B.K. Oldham, J.H. *Aflatoxins in food: Occurrence, Biosynthesis, Effects on Organisms, Detection and Methods of Control*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1991. 30:3; 403-439.
- Ensminger M.E., Brant G., Scanes C.G. *Poultry Science*. 4th edition. Interstate Publishers, inc. 2004.
- Estación meteorológica de la FES-C. 2013.
- *Food energy: Methods of analysis and conversion factors*. FAO Food and Nutrition Paper 77. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2003.
- Feibelman, T.P., Cotty, P.J., Doster, M.A., Michailides, T.J.. A morphologically distinct strain of *Aspergillus nomius*. *Mycologia*. 1998; 90:618-623.
- Flores M. J. A. *Bromatología animal*. Editorial Limusa. 1986; 872-873.
- Guengerich, F. P., Johnson, W. W., Shimada, T., Ueng, Y. F., Yamazaki, H., Langouët, S. Activation and detoxication of aflatoxin B1. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 1998; 402:1, 121-128.
- Gunal M., Yayli G., Karahan N., Sulak O. The effects of antibiotic growth promoter, probiotic or organic acid supplementation on performance, intestinal microflora and tissue of broilers. *International journal of poultry Science*. 2006. 5(2) 149-155.
- Hamilton, P. B., Tung H. T., Harris J. R., Gainer J. H., Donaldson W.E. The effect of dietary fat on aflatoxicosis in turkeys. *Poultry Science*. 1972. 51:165-170.
- Hansen J.T. Affinity column clean-up and direct fluorescence measurement of aflatoxin M1 in raw milk. *Journal of food protection*. 1990; 53, 75-77.



- Hassan H.M.A., Mohamed M.A., Youssef W.A, Hassan R.E. Effect of using organic acids to substitute antibiotic growth promoter on performance and intestinal Microflora of broilers. *Journal Animal Science*. 23(10): 1348-1353.
- Havestein G.B., Ferket P.R., Grimes J.L., Quereshi M.A., Nestor K.E. Comparison of the performance of 1966 versus 2003 type turkeys when fed representative 1966 and 2003 turkey diets: growth rate, livability, and feed conversión. *Poultry Science*. 2007. 86:232-240.
- Hernandez F., Garcia V., Madrid J., Orengo J., Catala P., Megias M.D. Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma metabolite levels of broiler chickens. *British Poultry Science*, 2006. 47: 50-56.
- Hernández-Tenorio YK. Comparación de los parámetros productivos (ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión) en *Meleagris gallo-pavo* alimentados proteína al 26%, 24% y 24% adicionado con vitaminas en la etapa de crecimiento. (Tesis de licenciatura) Estado de México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 2015.
- Hersey, S.J., Pepsin secretion. In *Physiology of the gastrointestinal tract*, (L.R. Johnson, Ed.). New York: Raven Press, 1987. 2: 947-957.
- Hayes, T.M. Mycotoxins and fetal development. Chap. 3. In: *Mycotoxins Teratogenicity and Mutagenicity*. CRS, Press, INC Boca Raton, FL. 1981. 22-39.
- Jay J., *Microbiología moderna de los alimentos*. Ed. Acriba. España. 1994; 804.
- Juárez-Estrada M. A. La crianza y engorda del guajolote doméstico en México. *Jornadas avícolas XX*, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 2014 marzo 15-58.
- Katanbaf, M.N., E.A. Dunnington and P.B. Siegel,. Restricted feeding in early and late-feathering chickens. Growth and physiological responses. *Poultry Science*, 1989. 68: 344-351.
- Kirkpinar F., Ayhan V., Bozkurt M. The effects of organic acid mixture and probiotics in broiler performance, intestinal pH and viscosity. *International Livestock Congress*, 1999. 21-22. Izmir.
- Klein P.J., Buckner R., Kelly J., Coulombe R.A. Biochemical basis for the extreme sensitivity of turkeys to aflatoxin B1. *Toxicol and Applied Pharmacology* 2000.165:1, 45-52.
- Kirchgessner, M., Roth F.X. Energy value of organic acids in the rearing of piglets and the fattening of pigs. *Übersichten Zur Tierernährung*. 1988. 16:1, 93-108.
- Lankaputhra, W. E. V., Shah, N. P. Antimutagenic properties of probiotic bacteria and of organic acids. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 1998. 397:2, 169-182.
- Laudadio V., Tufarelli V., Dario M., D'Emilio F.P., Vicenti A. Growth performance and carcass characteristics of female turkeys as affected by feeding programs. *Poultry Science*. 2009. 88:805-810.
- Loechler E.L. Mechanism by which aflatoxins and other bulky carcinogens induce mutation. Chap. 8. *The toxicology of aflatoxin*. D.L. Eaton and J.D. Groopman (Eds.) Academic Press INC. San Diego, CA. 1994. 149-178



- Mabee, M. S., Chipley, J. R. Tissue distribution and metabolism of aflatoxin B1-14C in broiler chickens. *Applied Microbiology*, 1973; 25:5, 763-769.
- Majewska, T., Pudyszac K., Kozlowsky K., Bohdziewicz K., Matusievičius P. Whey and lactic acid in broiler chickens nutrition. *Veterinarita ir Zootechnika* 2009. 47:69, 56-59.
- Marín-Flamand E., Vázquez-Durán A., Méndez-Albores A. Effect of organic acids in drinking water on growth performance blood constituents and immune response of broiler chickens. *Journal of Poultry Science Association*. 2014. 51: 144-150.
- McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A. *Nutrición animal*. 6° Ed. Editorial Acriba. 2002: 495-505, 523-532.
- Méndez-Albores, A., Del Rio-Garcia, J.C., Moreno-Martinez, E. Decontamination of aflatoxin duckling feed with aqueous citric acid treatment. *Animal Feed Science and Technology*. 2007. 135:3, 249-262.
- Montero-Machuca N. Utilización de bio-mos y allzyme vegpro en dietas de finalización con 19% de proteína en pavos. (Tesis de licenciatura) Estado de México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 2008.
- NOM-188-SSA-2002. Productos y servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias.
- Parker, D., C. Hofacre, G.F. Mathis, M.A. Quiroz, J. Dibner, C. Knight. Organic acid water treatment reduced *Salmonella* horizontal transmission in broiler chickens. *Proceedings of the 12th European Poultry Conference*. Verona, Italy, September 12-14. World's Poultry Science Association. 2006.
- Quist C.F., Bounous D.I, Kilburn J.V., Nettles V.F., Wyatt R.D. The effect of dietary aflatoxin on wild turkey poults. *Journal of Wildlife Disease*. 2000; 36:436-444
- Rahmani, H.R., Speer W. Natural additives influence the performance and humoral immunity of broilers. *International Journal Poultry Science*. 2005. 4: 713-717.
- Rawal S., Coulombe R.A. Metabolism of aflatoxin B1 in Turkey liver microsomes: the relative roles of cytochromes P450 1A5 and 3A37. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2011. 254:3,349-354.
- Rawal, S., Kim, J. E., Coulombe Jr, R. Aflatoxin B1 in poultry: Toxicology, metabolism and prevention. *Research in Veterinary Science* 2010. 89:3, 325-331.
- Revington W. H., Moran E.T. Jr. Effect of nutrient level and feed form on the performance of heavy breeder turkey toms. *Animal Feed Science and Tecnology*. 1990. 29:321-331.
- Richard J.L., Pier A.C., Cysewski S.J., Graham C.K. Effect of Aflatoxin and Aspergillosis on Turkey Poults. *American Association of Avien Pathologists*. 1972. 17(1):111-121.
- Ricke, S.C. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Science*, 2003. 82:4, 632-639.
- Roberson K.D., Rhan A.P., Balander R.J., Orth M.W., Smith D.M., Booren B.L., Booren A.M., Osburn W.N., Fulton R.M. Evaluation of growth potential, carcass components and meat quality characteristics of three commercial strains of toms turkeys. 2003. 12: 229-236.



- Roebuk B.D., Maxuitenko Y.Y. Biochemical mechanisms and biological implications of the toxicity of aflatoxins as related to aflatoxin carcinogenesis. Chap. 2. The toxicology of aflatoxins. D.L. Eaton and J.D. Groopman (Eds.) Academic Press, San Diego. 1994; 27-43.
- Salgado-Tránsito, L., Del Río-García, J. C., Arjona-Román, J. L., Moreno-Martínez, E., Méndez-Albores, A. Effect of citric acid supplemented diets on aflatoxin degradation, growth performance and serum parameters in broiler chickens. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 2011.43:3, 215-22.
- SAS Institute. SAS STAT User's Guide Release. 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1998.
- Samanta, S., Haldar, S., Ghosh, T. K. 2009. Comparative efficacy of an organic acid blend and bacitracin methylene disalicylate as growth promoters in broiler chickens: Effects on performance, gut histology, and small intestinal milieu. *Veterinary Medicine International*.
- Sargeant K., Sheridan A., Killy J. O., Carnaghan R. B. A. Toxicity associated with certain samples of ground nuts. *Nature* 1961. 192: 1096-1097.
- Sawhney, D. S., Vadehra, D. V., & Baker, R. C. The metabolism of ¹⁴C aflatoxins in laying hens. *Poultry Science*, 1973. 52:4, 1302-1309.
- Scholtyssek S. *Manual de avicultura moderna*. editorial Acriba. 1970; 313-316.
- Singh, P. P., Bedi, P. S., Singh, D. Use of organic acids for protecting moist wheat grains from microbial colonization during storage. *Journal of Stored Products Research* 1987. 23:3, 169-171.
- Smith E.E., Ellis J.A., Harvey R.B., Kubena L.F., Thompson J., Newton G. Dietary hydrated sodium calcium aluminosilicate reduction of aflatoxin M1 residue in dairy goat milk and effect on milk production and components. *Journal of Animal Science*. 1994. 72: 677-682.
- Soriano del Castillo J.M. *Micotoxinas en alimentos*. Ediciones Díaz Santos. España. 2007; 424.
- Tůmová E., Skrivan M., Skrivanova V., Kaceovska L. Effect of early feed restriction on growth in broiler chickens, turkey and rabbits. *Czech Journal of Animal Science*. 2002. 10:418-428.
- Whitaker T.B., Dickens J.W., Wiser E.H., Monroe R.J. *Sampling techniques. Food analysis: Principles and Techniques*. D.W. Gruenwedel y J.R. Whitaker (Eds.). Marcel Dekker. New York. 1981.
- Witlock, D. R., Wyatt R. D. Effect of dietary aflatoxin on hemostasis of young turkey poults. *Poultry Science*. 1981. 60:528-531.
- www.una.org.mx
- www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Estadisticas/Lists/Estadisticas/Attachments
- www.aviagenturkeys.com/us/home.aspx
- Yalcin S., Onbasilar I., Kocaoglu B. Lactic acid in quail nutrition. *Veterinary Journal Ankara University*. 1997. 44:169-181.



-
- Yesilbag, D., Colpan, I. Effects of organic acid supplemented diets on growth performance, egg production and quality and on serum parameters in laying hens. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 2006. 157:5, 280.
 - Yunus, A. W., Razzazi-Fazeli, E., Bohm, J. Aflatoxin B1 in affecting broiler's performance, immunity, and gastrointestinal tract: A review of history and contemporary issues. *Toxins*. 2011. 3:6, 566-590.
 - Zain M.E. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*. 2011; 15:129-144.