

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLO DE ENGORDA ALIMENTADO
CON DIETAS ADICIONADAS CON ÁCIDO FERÚLICO**

POR:

I.E ANA PATRICIA ALCALÁ TORRESDEY

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ÁREA MAYOR EN NUTRICIÓN ANIMAL**



Comportamiento productivo de pollo de engorda alimentado con dietas adicionadas con ácido ferúlico. Tesis presentada por Ana Patricia Alcalá Torresdey como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, ha sido aprobada y aceptada por:

Ph. D. Carlos Ortega Ochoa
Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología

Ph. D. Felipe Alonso Rodríguez Almeida
Encargado del despacho de la Secretaria de Investigación y Posgrado

D. Ph. Agustín Corral Luna
Coordinador Académico

Ph. D. Lorenzo Antonio Duran Meléndez
Presidente

21 marzo 2018

Fecha

Comité:

Ph. D. Lorenzo Antonio Duran Meléndez
D. Ph. Francisco Castillo Rangel
M.P.E.A. Francisco Javier Camarillo Acosta
D. Ph Daniel Díaz Plascencia

© Derechos Reservados
ANA PATRICIA ALCALÁ TORRESDEY
DIRECCIÓN: PERIFÉRICO FRANCISCO
R. ALMADA KM. 1, CHIHUAHUA,
CHIH., MÉXICO C.P. 31453
MARZO 2018

AGRADECIMIENTOS

A el CONACYT por el apoyo económico brindado para la realización del programa de Maestría en Ciencias y el Programa de Estancias de Investigación Internacional Beca Mixta.

A mi asesor Ph. D. Lorenzo Antonio Duran Meléndez que desde el principio del proceso y durante todo el programa de la Maestría confió en mí y me brindo completo apoyo y gran enseñanza como maestro y como persona.

A mis maestros, personal de las unidades de producción y administrativos que fuero de gran apoyo en todos los sentidos y que hicieron el tiempo de este programa de gran aprendizaje y muy placentero.

A la Facultad de Zootecnia y Ecología.

A mi familia y amigos que estuvieron en todo momento.

A mis compañeros de aula que cada uno en su momento apoyo durante el proceso y me brindo su amistad.

DEDICATORIA

A mi Papá Raúl Alcalá que, aunque ya no se encuentra en vida sigue siendo ejemplo y motivación en mi vida y a mi Mamá Patricia Torresdey por amarme, por creer en mí y estar siempre a mi lado.

A mi familia por su apoyo y motivación brindada en todo momento.

CURRICULUM VITAE

La autora nació el 3 de diciembre de 1985 en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México.

- | | |
|-----------|--|
| 2003-2007 | Estudios de Licenciatura en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua como Ingeniero en Ecología. |
| 2015-2017 | Estudiante de la Maestría en Ciencias con área mayor en Nutrición animal, Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua |

RESUMEN

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLO DE ENGORDA ALIMENTADO CON DIETAS ADICIONADAS CON ACIDO FERÚLICO

POR:

I. E. ANA PATRICIA ALCALA TORRESDEY

Maestría en Ciencias en Producción Animal

Secretaria de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: Ph. D. Lorenzo Antonio Duran Meléndez

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo de pollo de engorda alimentado con dietas adicionadas con diferentes niveles de ácido ferúlico (AF). Fueron asignados completamente al azar 160 pollos de la línea Ross alojados en jaulas metabólicas en 4 tratamientos, definidos por nivel de ácido ferúlico (AF), se usaron 20 repeticiones por tratamiento con 2 pollos por repetición. Se. Los tratamientos fueron (T0=0ppm, T1=10ppm, T2=20ppm y T3=30ppm) de AF en las dietas. Se evaluó el comportamiento productivo sobre consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), Conversión alimenticia (CONA), Rendimiento en Canal Caliente (RCC) y Rendimiento en Canal Fría (RCF). La prueba duro 42 días dividiéndose en 2 etapas: iniciación (0 a 3 semanas o 21 días) y finalización (4 a 6 semanas o 21 días). Para CA se encontró efecto ($P<0.05$), observándose disminución en el consumo de alimento conforme se incrementa el nivel de AF. En GP no se encontraron diferencias, aunque se

percibe incremento de peso conforme se incrementan los niveles de AF. La CONA presentó diferencias ($P < 0.05$) observándose que conforme incrementa el nivel de AF ésta mejora. No se encontraron diferencias para RCC y RCF ($P > 0.05$), aunque se observó que el incremento en el nivel de AF supone mejor rendimiento. Se concluye que el AF tiende a mejorar las variables de comportamiento productivo de pollos de engorda en los niveles evaluados y se estima factible su uso en dietas hasta en 30 ppm para estas aves, aunque se sugiere ampliar las investigaciones al respecto.

ABSTRACT

FERULIC ACID IN BROILER FEED

BY:

ANA PATRICIA ALCALA TORRESDEY

The objective of the study was to evaluate the productive behavior of broiler fed diets added with different levels of ferulic acid (FA). 160 broilers of the Ross line were randomly assigned in 4 treatments, defined by the level of ferulic acid (AF), 20 repetitions were used per treatment with 2 broilers per repetition. They were housed in metabolic cages. The treatments were (T0 = 0ppm, T1 = 10ppm, T2 = 20ppm and T3 = 30ppm) of AF in the diets. The productive behavior on feed consumption (CA), weight gain (GP), feed conversion (CONA), hot carcass yielding (RCC) and cold carcass yielding (RCF) was evaluated. The test lasts 42 days divided into 2 stages: initiation (0 to 3 weeks or 21 days) and finishing (4 to 6 weeks or 21 days). For CA, an effect was found ($P < 0.05$) and there was a decrease in food consumption as the FA level increased. In GP, no differences were found, although weight gain is perceived as AF levels increase. The CONA presented differences ($P < 0.05$) observing that as the level of AF increases this improvement. No differences were found for RCC and RCF ($P > 0.05$), although it was observed that the increase in the level of AF supposes better performance. It is concluded that AF tends to improve the performance of broiler at the evaluated levels and its use in diets up to 30 ppm is considered feasible for these birds, although it is suggested to extend the investigations in this regard.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE GRÁFICAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Promotores de crecimiento	4
Compuestos fenólicos	5
Efecto de los compuestos fenólicos en las propiedades de los alimentos	5
Ácido ferúlico como antioxidante natural	6
Ácido ferúlico en alimentación animal	13
MATERIALES Y MÉTODOS	18
Descripción de la población	18
Distribución de tratamientos	18
Composición de las dietas	19
Manejo general	19
Sacrificio de las aves	21
Desangrado	21
Escaldado	21

Desplume	22
Evisceración	22
Shock térmico	22
Almacenamiento y enfriado de las canales	22
Variables de la prueba	22
Consumo de alimento total y por etapa	23
Ganancia de peso total y por etapa	23
Conversión alimenticia total y por etapa	23
Porcentaje de mortandad por semana y total	24
Rendimiento de la canal caliente	24
Rendimiento de la canal fría	24
Análisis estadístico	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
Registro de temperatura semanal	26
Peso vivo inicial (PVI)	26
Consumo de alimento total y por etapa (CA)	26
Ganancia de peso total y por etapa (GP)	31
Conversión alimenticia total y por etapa (CONA)	35
Porcentaje de mortandad (% MO)	38
Rendimiento de la canal caliente	41
Rendimiento de la canal fría	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
LITERATURA CITADA	45

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Ingredientes y composición química de las dietas experimentales para iniciación y finalización para pollo de engorda, adicionadas con ácido ferúlico	20

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructura química del ácido ferúlico.....	7

LISTA DE GRAFICÁS

Gráfica	Página
1 Promedio del peso vivo inicial de los pollos a un día de edad.....	27
2 Promedio de CAini, CAfin y CA total de pollos Alimentados con AF.....	29
3 Promedio de GPini, GPfin y GP total de pollos alimentados con AF.....	33
4 Promedio de CONAini, CONAfin y CONA total de pollos alimentados con AF	36
5 Porcentaje de mortandad durante la etapa de iniciación y total de pollos alimentados con AF.....	39
6 Promedio del RCC y RCF de pollos alimentados con AF.....	42

INTRODUCCION

En México 6 de cada 10 personas incluyen alimentos avícolas en sus dietas (Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero, 2016). El consumo de carne de pollo por persona está estimado en 28.5 kilogramos al año, ubicándose en el quinto lugar en producción a nivel mundial (SENASICA, 2016), con más de tres millones de toneladas de carne de pollo al año, siendo ésta carne uno de los ingredientes principales en la cocina nacional e internacional. Por otro lado, aporta importantes cantidades de nutrientes y vitaminas como hierro, zinc, potasio, fosforo, ácido fólico y vitamina B3 (FAO, 2013; SAGARPA, 2017).

En los últimos años, varios países productores de pollo de engorda han implementado estrategias basadas en producción, nutrición, medioambiente y técnicas farmacológicas para mejorar la asimilación del alimento. Algunos compuestos como antibióticos, probióticos y agentes anabólicos incrementan los resultados con mejor aprovechamiento de los alimentos y ganancia de peso en más corto tiempo y a su vez proporcionan beneficios económicos. Sin embargo, el productor debe considerar que la calidad de la carne de pollo es la principal demanda del consumidor y el uso de compuestos químicos y/o alteración de los alimentos de los animales puede afectar las características físicas y sensoriales de la carne (González *et al.*, 2013).

Un recurso con alto potencial de actividad biológica es el grupo de los llamados compuestos fenólicos, el ácido ferúlico es uno de los compuestos más abundantes de este grupo (D'Archivio *et al.*, 2007). Éste se encuentra distribuido

en gran cantidad y variedad en el reino vegetal y contiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y neuro-regenerativas que ayudan en la prevención de diferentes tipos de enfermedades como cáncer y diabetes (Mateo Anson *et al.*, 2009).

Es muy escasa la información del ácido ferúlico adicionado en dietas para la alimentación animal. Sin embargo, se estima que este compuesto puede ser una alternativa a los problemas de producción y alimentación ya que aporta grandes beneficios como antioxidante y promotor de crecimiento sin presentar efectos negativos en la salud del organismo que lo consume (González *et al.*, 2013; Mancuso y Santangelo, 2014).

Por lo anterior, el objetivo de éste estudio fue evaluar el comportamiento productivo de pollo de engorda alimentado con dietas adicionadas con diferentes niveles de ácido ferúlico.

REVISION DE LITERATURA

El Servicio de información agropecuaria y pesquera, (2016), indica que en México la proteína de origen animal de más alto consumo es la carne pollo, identificando el pollo de engorda como aquel que se explota para aprovechar su carne. En México se estima que la producción de carne de pollo incrementa hasta 3 % anual debido a la mejora en los controles en aspectos sanitarios tanto nacionales como internacionales. Las tendencias durante la última década indicaron el incremento de la producción mundial de carne de pollo a una tasa media anual de 3.4 % entre 2006 y 2015 en países como Turquía, Argentina, Rusia e India. Concentrándose el mayor consumo mundial de carne de pollo en 5 principales países, Estados Unidos, China, Unión Europea, Brasil, India y México (FIRA, 2016).

Este sector continúa creciendo e industrializándose en muchas partes del mundo. Los avances en la alimentación han dado lugar a aves con propósitos especiales que son cada vez más productivas, también el desarrollo y transferencia de tecnología en alimentación, sacrificio y procesamiento han incrementado la seguridad y eficiencia en la producción a gran escala (FAO, 2017).

Dentro de los productos utilizados como promotores de crecimiento comúnmente usados por productores de ganado de engorda se encuentran los conocidos como Adrenérgico Beta-agonistas que son análogos a las hormonas catecolaminas, epinefrina y norepinefrina. Los Beta-agonistas mejoran la retención de nitrógeno y reducen la deposición de grasa en los animales resultando en mayor eficiencia (González *et al.*, 2013).

Promotores de Crecimiento

En países como México y Estados Unidos el uso de compuestos de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina, los cuales tienen estructura similar a las catecolaminas, está autorizado en ganado de engorda debido a su eficiencia en rendimiento productivo (NOM-EM-015-ZOO-2002, 2016), el cual se ha atribuido a los cambios en las tasas de síntesis y degradación de proteínas y lípidos (Macías-Cruz *et al.*, 2014b).

A pesar de los extraordinarios beneficios en la eficiencia de producción, el consumidor tiene cierto rechazo al consumo de carne de animales tratados con este tipo de compuestos. Sin embargo, (Jiménez *et al.*, 2010; González *et al.*, 2013), afirman que la intoxicación con carne o vísceras de animales alimentados con estos compuestos es causada por mal uso.

En el caso particular de México, en los últimos años ha habido casos de envenenamiento debido al consumo de carne o vísceras de animales que han sido engordados con clenbuterol, producto no permitido para su uso en producción animal (NOM-061-ZOO-1999) pudiendo resultar en severos daños en la salud del consumidor (Jiménez *et al.*, 2010). El consumo de carne de animales tratados con altos contenidos de clenbuterol resulta en alteraciones en la glándula tiroidea, desordenes metabólicos o intolerancia a la temperatura, ritmo cardíaco irregular, movimientos involuntarios de manos o pies, dolor de cabeza, incremento de la sudoración, espasmos musculares y presión alta (Marban-Arcos y López-Jiménez, 2011). Debido a estos problemas la mayoría de las agencias regulatorias en diferentes países han prohibido esta sustancia para alimentación animal (Mitchell y Dunnavan, 1998).

Debido a estas condiciones los productores de carne deben encontrar alternativas en las que se utilicen compuestos anabólicos naturales, sin impacto en la salud del consumidor y que además la principal característica de calidad no sea negativamente afectada.

Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos (CF) son un grupo de productos químicos naturales, se conocen más de 8,000 y tienen un rasgo en común: la presencia de un anillo arílico al que se une a un grupo hidroxilo (O'Connell y Fox, 2001). Los compuestos fenólicos son producidos como metabolitos secundarios por la mayoría de las plantas, actuando como agentes anti-microbiales naturales (Gimeno, 2004).

El ácido ferúlico y la valina también provienen de la descomposición de la curcumina, que es un compuesto natural que juega un papel importante en la protección en condiciones de enfermedad como cáncer de colon y diabetes, este compuesto fenólico, no solo está presente en la curcumina, también se encuentra en fuentes vegetales como las frutas y cereales (O'Connell y Fox, 2001; Balasubashini *et al.*, 2004; Gámez de León y Sánchez-González, 2006).

Efectos de los Compuestos Fenólicos en las Propiedades de los Alimentos

Los CF juegan un importante papel en los atributos sensoriales de los alimentos. Se cree que las propiedades olfativas de los productos ahumados se deben a los compuestos fenólicos que se encuentran presentes en ellos como el Guayacol, Eugenol Siringol, Cresol y Fenol (O'Connell y Fox, 2001).

Según O'Connell y Fox, (2001) los CF alargan el tiempo de almacén de alimentos procesados por medio de la inhibición de la rancidez oxidativa. Por otro

lado, han reportado también aspectos negativos como el desarrollo de mal sabor en jugos de frutas que se ha atribuido a la conversión del Ácido Ferúlico a guayacol. Los CF utilizados en animales tienen también un aspecto negativo, afirmándose que son anti-nutritivos por el hecho de que reducen la disponibilidad de las proteínas y minerales.

Ácido Ferúlico como Antioxidante Natural

El ácido ferúlico (AF) es el nombre común para 3-(4-hidroxi-3-metoxipenil)-2-acido fenólico, es un ácido dibásico fuerte (Graf, 1992).

Es un antioxidante de origen natural que pertenece a los compuestos fenólicos, con estructura química análoga de beta-agonista, se encuentra también presente en granos, semillas, frutas, vegetales, cereales y hierba, tiene gran potencial en beneficios para la salud como anti-inflamatorio, antiaterogénico, antidiabético, anti envejecimiento, neuro-protector, radio-protector y hepato-protector (Shiyi y Kin-Chor., 2004; Itagaki *et al.*, 2009; Sarangi y Sahoo, 2010; Li *et al.*, 2015).

Esta sustancia es el componente activo de la gama orizanol comúnmente usada por atletas para incrementar la masa muscular. La estructura del AF contiene un anillo fenólico (Figura 1) y es un compuesto bioactivo debido a su capacidad antioxidante y la adición a los alimentos inhibe la formación de peróxido lipídico (González *et al.*, 2013; Mancuso y Santangelo, 2014).

Naturalmente el ácido ferúlico es covalentemente vinculado a lignina y polisacáridos por enlaces éster y éter y es el más abundante ácido hidroxicinámico en el reino vegetal, (Bourne y Rice–Evans, 1998; Sarangi y Sahoo, 2010). Existe principalmente en la pared de las células de las plantas,

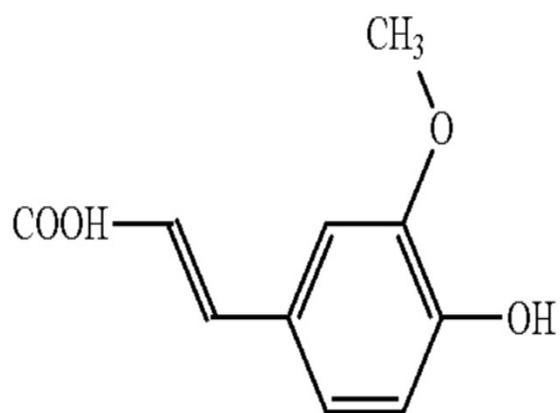


Figura 1. Estructura química del ácido ferúlico.
González *et al.*, 2013.

entrecruzando cadenas de pentosanos arabinoxilanos y hemicelulosa. Participa en la regulación del crecimiento y protección contra la invasión de insectos y microorganismos como hongos o virus en la planta, unido a la parte indigestible de la pared celular, de este modo proporciona rigidez a la planta, es soluble en agua y contiene bajo peso molecular (Gámez de León y Sánchez-González, 2006; Navarro *et al.*, 2009; Soberon *et al.*, 2012; Macías-Cruz *et al.*, 2014a).

El AF es abundante en el maíz (1g/kg), según Gámez de León y Sánchez-González, (2006) los procesos de molienda húmeda del maíz logran su separación con un rendimiento del 2 %. Por otro lado, la obtención del AF se logra a partir del residuo de la nixtamalización del maíz llamado Nejayote con un rendimiento promedio de 0.67 % usando carbón activado (Navarro *et al.*, 2007), estimándose una dosis letal media (DL50) de 2,445 y 2,113 mg/kg de PV en el caso de ratones machos y hembras respectivamente (Soto, 2017).

El maíz es uno de los cereales de mayor uso para la alimentación animal y una de las principales fuentes de AF para su extracción. México es el país de origen del maíz, se puede encontrar una gran variedad de este cultivo, sin embargo, no existe suficiente información acerca del contenido fitoquímico entre las variedades comerciales mexicanas como el maíz blanco, morado, negro y cacahuacintle entre otras. Así, Gámez de León y Sánchez-González, (2006), encontraron que las amilasas son clave importante en la extracción del AF ya que los almidones que contienen forman geles impidiendo la difusión de algunas encimas, encargadas de su extracción.

El impacto del AF depende de la cantidad de consumo y las propiedades farmacocinéticas, puede ser absorbido a lo largo de todo el tracto gastrointestinal y metabolizado principalmente en el hígado (Zhao *et al.*, 2008).

Después de la ingestión, el AF no es degradado por el medio ácido del estómago. El curso del AF sobre su absorción se ha analizado en gran medida en ratas y seres humanos mostrando que se absorbe rápidamente después de la ingestión oral y alcanza la concentración plasmática máxima dentro de los siguientes 30 min, tanto el AF como sus metabolitos se excretan principalmente por medio del riñón (Mancuso y Santangelo, 2014).

Con el fin de aclarar el potencial del AF en los beneficios en la salud, se necesitan datos sobre la biodisponibilidad del AF en los principales recursos naturales como los cereales. La biodisponibilidad del AF se ha investigado en varias pruebas como la excreción urinaria obteniendo resultados variables: de baja a alta disponibilidad 0.4-98 % dependiendo de la fuente de alimento, con el consumo de productos de cereales particularmente el salvado (Bourne y Rice-Evans, 1998; Mateo Anson *et al.*, 2009).

En estudios anteriores en donde utilizaron modelos de ratones obesos inducidos por dietas altas en grasa, se demostró que la administración de AF con dosis de 25 y 50 mg/kg durante 8 semanas redujo el aumento de peso, glucosa en sangre, reducción de la resistencia a la insulina, estrés oxidativo, hiperlipidemia e inflamación en los ratones, reduciendo significativamente también los niveles colesterol total, triglicéridos y otros ácidos grasos no especificados, resultando el AF con gran potencial antidiabético, antioxidante y antiinflamatorio (Naowaboot *et al.*, 2016).

En este sentido, el transporte de AF a través de tejidos periféricos pudiera ser beneficioso por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y quimiopreventiva que ocurre naturalmente en las plantas como un precursor de lignina (Sarangi y Sahoo, 2010). Varias líneas de investigación se han dedicado a liberar el AF del complejo de la lignina para mejorar la digestibilidad del alimento en rumiantes (Graf, 1992; Soberon *et al.*, 2012a).

Por otro lado, el AF absorbe los rayos UV catalizando la formación de radicales fenoxi estables y por lo tanto potencia su capacidad para terminar reacciones en cadena de radicales libres, Graf, (1992) indica que el AF elimina efectivamente los radicales deletéreos y suprime las reacciones oxidativas inducidas por la radiación. El AF puede funcionar como un antioxidante para preservar la fisiología de las células expuestas tanto al aire como a la radiación UV incidente (Navarro *et al.*, 2009).

Se ha probado que el AF es un potente antioxidante y que reduce el riesgo de enfermedades coronarias, también tiene un efecto protector en la toxicidad del hígado provocada por fármacos y en la medicina japonesa es usado como medicamento antiinflamatorio y como aditivo en alimentos para la prevención de la oxidación (Balasubashini *et al.*, 2004; Itagaki *et al.*, 2009).

Li *et al.*, (2015) sugieren que dietas con abundantes antioxidantes naturales como el ácido ferúlico, contribuyen a una gran actividad de enzimas antioxidantes, así como a la disminución de la oxidación lipídica. Siendo esta una de las mayores causas del deterioro de los alimentos para consumo humano como la carne fresca o almacenada, reduciendo su textura o sabor y a su vez su valor nutricional (Fellenberg y Speisky, 2007).

Por otro lado, el ácido ferúlico se encuentra bien distribuido en el reino vegetal y está más disponible que otros flavonoides en las dietas (Balasubashini *et al.*, 2004; Mancuso y Santangelo, 2014). Se encuentra en el arroz, trigo, cebada, avena, aceitunas, sorgo, forraje, tomate, café tostado, espárragos, frutas cítricas, hojas, corteza de los árboles y en los brotes de los álamos (Graf, 1992; Kikuzaki *et al.*, 2002).

El salvado de trigo es considerado un producto importante de la molienda del grano de trigo y representa un recurso renovable abundante, pero con baja explotación. El almidón del salvado de trigo es rico en arabinosilanos y en AF. La mejora enzimática del salvado es una atractiva alternativa a los métodos químicos dañinos para el medio ambiente utilizados actualmente para la sacarificación de lignocelulosa y extracción del AF (Sarangi y Sahoo, 2010).

El AF también es abundante en el cereal de cerveza que es un subproducto de bajo valor en la industria cervecera producido en grandes cantidades, el grano de desecho de la cebada tiene muchos beneficios cuando se utiliza como suplemento en alimentación animal, obteniendo mayor rendimiento en producción de leche, contenido de grasa en leche y en el suministro de aminoácidos esenciales dietéticos, en este sentido, McCarthy *et al.*, (2012) afirman que este componente fenólico de los granos de desecho de la cebada tiene efectos bio-activos potenciales que pueden ser agregados incluso en alimentación humana.

El AF ha recibido gran atención en estudios de medicina China al descubrirse que es uno de los componentes más efectivos en las plantas medicinales chinas como la *Angelica sinenses*, *Cimicifuga heracleifolia* y

Lignisticum chuangxiong, además es un ácido caféico derivado y ampliamente encontrado algunas bebidas como el café y la cerveza (Shiyi y Kin-Chor, 2004; Mancuso y Santangelo, 2014).

Varios microorganismos incluidas las bacterias, levaduras y moho pueden crecer en un medio que contenga AF como único recurso de carbono y energía convirtiendo más del 99.5 % del total del AF a ácido vanílico (Graf, 1992). Este autor también afirma que un hongo del genero *Pycnoporus* (basidiomicetes) metaboliza el AF a vainillina, esta bio-conversión es aprovechada en la industria de la producción de vainilla natural como saborizante. La degradación microbiana del AF al ácido vanílico y otros fenoles sustituidos se produce durante la fermentación del arroz y es una reconocida fuente de sabor y muy importante en los productos fermentados como el sake y la soya (Kikuzaki *et al.*, 2002).

En un estudio realizado por Borges *et al.*, (2013), encontraron que las moléculas derivadas de las plantas pueden ofrecer un innovador enfoque para el desarrollo de antimicrobianos de amplio espectro, en este estudio se encontró que el AF tiene actividad antimicrobiana contra 4 bacterias patógenas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*), la acción del AF condujo a un cambio significativo en la hidrofobia de la superficie celular, la carga y la absorción de las bacterias.

El AF es comúnmente encontrado en frutas y vegetales como el tomate, maíz dulce y salvado de arroz y surge a través del metabolismo de la fenilalanina y tirosina, exhibe un amplio rango de efectos terapéuticos contra varias enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Srinivasan *et al.*, 2007).

Ácido Ferúlico en Alimentación Animal

Algunos estudios han sugerido el uso del AF como aditivo en las dietas para animales domésticos con el fin de incrementar la producción, sin embargo, la mayoría de la información en la utilización de ácido ferúlico libre ha sido generada en animales de laboratorio (Macías-Cruz *et al.*, 2014a).

González *et al.*, (2013) encontraron diferencias químicas y fisicoquímicas entre tratamientos en un estudio en el que utilizaron AF en comparación con un beta-agonista comercial en bovinos, resultando la carne más tierna, más jugosa y con mejor sabor que la de animales suplementados con un beta-agonista comercial (Zilmax). También observaron similar rendimiento de la canal usando AF en comparación con el beta-agonista Zilmax (Macías-Cruz *et al.*, 2014a).

Además, Macías-Cruz *et al.*, (2014a) indican que en recientes estudios este producto puede funcionar como promotor de crecimiento en ganado de carne y cerdos. Estos mismos autores sugieren que el AF es un componente fenólico con efectos anabólicos y propiedades antioxidantes para los animales, el efecto del AF en el crecimiento y características de la canal han sido comparadas con los efectos del clorhidrato de Zilpaterol en ganado de engorda, reportando que no afecta a la glucosa, colesterol, triglicéridos, urea o a los niveles totales de proteína. Mencionan, además, que en ratas diabéticas con alto estrés oxidativo la glucosa en sangre y concentraciones de insulina volvieron a niveles normales con la adición de este compuesto.

Se estima que el daño celular por efecto de estrés oxidativo (EO) de borregos en corral de engorda es elevado durante la alta tasa metabólica producida por procesos como el desarrollo y crecimiento y consecuentemente el

incremento de la producción de especies de microorganismos reactivas de oxígeno, esta condición puede comprometer negativamente el estatus de salud del animal en la fase de finalización que podría ser reflejada en la disminución de la calidad de la canal (Macías-Cruz *et al.*, 2014a).

El desequilibrio de la producción de oxígeno resulta en daños a las biomoléculas incluyendo lípidos, proteínas, aminoácidos y ADN. La eliminación del desequilibrio de la producción de oxígeno se logra por el sistema antioxidante. Generalmente algunos desequilibrios de producción de oxígeno incluyen malondialdehído (MDA), carbonilos proteicos, aldehídos, ketonas y compuestos fenólicos (Li *et al.*, 2015).

Se considera que la suplementación con AF puede representar una alternativa para disminuir el estrés oxidativo y de este modo mejorar el rendimiento de borregos de engorda en corral (Macías-Cruz *et al.*, 2014a) sin embargo, estos autores no encontraron efectos sobre el peso corporal, ganancia de peso o grasa corporal en borregos de corral al utilizar AF como suplemento, estas variables tendieron a ser menores al final del experimento. Los resultados de este experimento mostraron que los borregos tendieron a reducir la tasa de crecimiento, pero sin alterar el rendimiento de la canal, además la adición de AF no tuvo efectos anabólicos.

El estrés oxidativo en cerdos es provocado por factores endógenos y exógenos que causan la oxidación de los lípidos y proteínas generan un desequilibrio en la producción de oxígeno que resulta en una mala calidad de carne (Li *et al.*, 2015). En un estudio realizado por estos mismos autores, las características de la canal y calidad de la carne en cerdos no tuvo efectos sobre

el área del lomo, porcentaje de magro y en la profundidad de la grasa dorsal con dietas adicionadas con AF; sin embargo, en el área del lomo observaron diferencias en animales suplementados con vitamina E, pero hubo incremento del pH a comparación con aquellos que no tuvieron AF como suplemento.

El Malonildialdehído (MDA) es el principal indicador de la peroxidación lipídica endógena y representa el grado de oxidación muscular, según Li *et al.*, (2015), quienes además reportan que la oxidación del músculo puede disminuir la terneza de la carne.

El desequilibrio excesivo de la producción de oxígeno resulta en daños de las bio-moléculas en cerdos, incluyendo lípidos, proteínas, aminoácidos y ADN. La eliminación del desequilibrio de la producción de oxígeno se logra por el sistema antioxidante (Li *et al.*, 2015).

En estudios realizados por Li *et al.*, (2015) el AF adicionado individualmente reduce la producción de MDA en músculo, mientras que la combinación de vitamina E y AF mostraron efectos sinérgicos negativos en la inhibición de producción de MDA. Sin embargo, existe muy poca información acerca de los efectos de la suplementación dietética sobre MDA en cerdo. Esto demuestra que vitamina E y AF como antioxidantes pueden mejorar la resistencia a la oxidación como medida de disminución de MDA contenida en hígado y músculo.

El estrés oxidativo está asociado con algunas enfermedades como la diabetes, por ello se ha usado el AF como antioxidante natural y es más biodisponible que otros flavonoides en los alimentos (Balasubashini *et al.*, 2004).

En este sentido, Balasubashini *et al.*, (2004) encontraron que el AF tiene propiedades anti -hiperglicémicas y también reduce la intensidad de la diabetes y prevé futuras complicaciones.

El AF es un eliminador efectivo de radicales libres y por ello ha sido aprobado por ciertos países como aditivo de alimentos para prevenir la peroxidación lipídica (Srinivasan *et al.*, 2007).

Actualmente se espera que antioxidantes como el AF no solo prevengan la oxidación de los lípidos en los alimentos y organismos que lo consumen, sino que también impidan las enfermedades inducidas por radicales libres, como el cáncer y la aterosclerosis o el envejecimiento causado por la degeneración oxidativa del tejido (Kikuzaki *et al.*, 2002).

Soberon *et al.*, (2012b) aseguran que la liberación del AF libre en la dieta podría tener una variedad de implicaciones para el ganado, especialmente si el AF es transferido a la leche. Sin embargo, debido al interés en el AF como suplemento en dietas para humanos algunos estudios han investigado la absorción del AF en animales lactantes y rumiantes. En estudios preliminares de estos autores donde se utilizaron corderos, las dosis orales de AF fueron excretadas primeramente en la orina, apoyando la idea de que el AF fue absorbido por la sangre y podría, por lo tanto, ser absorbido por tejidos periféricos de los rumiantes como la glándula mamaria. El aumento de la concentración de FA en la leche podría lograrse utilizando tratamientos de esterasa en la alimentación del ganado para liberar ferulatos que podrían potencialmente mejorar los beneficios en la salud del consumidor.

Tanto el AF como sus metabolitos se excretan principalmente del riñón, en ratas, la excreción urinaria del AF es rápida y alcanza un nivel de estabilización 1.5 h después de la administración, mientras que en humanos es mucho más lenta 7 y 9 h después del consumo, sin embargo, el AF no modificado recuperado en la orina representa solo el 4-5 % del AF ingerido y los resultados son similares tanto en humanos como en roedores (Mancuso y Santangelo, 2014).

Por otro lado, la aplicación de determinados CF en la producción y calidad de la leche y productos lácteos han sido objeto de investigación puntual y más bien desenfocada en los últimos 50 años (O'Connell y Fox, 2001).

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó dentro de la Unidad Metabólica para Aves de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua., Chihuahua, México. Con temperatura media anual 17 °C, precipitación de 200 a 600 mm y clima seco templado (INEGI, 2017).

Descripción de la Población

Se utilizaron 160 pollos sin sexar (pollo mixto) de la línea genética comercial tipo Ross de un día de edad y peso promedio de 36.6 g procedentes de las incubadoras de Pollitos San Pedro de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México.

Distribución de Tratamientos

Los pollos fueron asignados aleatoriamente a 4 tratamientos en 80 jaulas metabólicas (30 x 33 x 44 cm) ubicando dos aves por jaula, siendo esta la unidad experimental y teniendo 20 unidades experimentales por tratamiento. Los animales contaron con agua y alimento a libre acceso. Los tratamientos fueron de la siguiente manera: dieta control (dieta basal + 0 ppm de AF/kg de alimento; T0), (dieta basal + 10 ppm de AF/kg; T1), (dieta basal + 20 ppm de AF/kg de alimento; T2), (dieta basal + 30 ppm de alimento; T3).

La temperatura ambiente de la unidad metabólica se intentó establecer en 34 °C para la primera semana y gradualmente fue reducida 3 °C por semana hasta alcanzar 23 °C a los 28 d de edad de las aves y hasta el final del experimento. Se registraron temperaturas mínimas y máximas diarias utilizando un termómetro digital.

Las horas de luz artificial fueron controladas manualmente proporcionando

24 h luz durante la primera semana de la prueba para posteriormente reducirla a 17 h de luz totales.

Los pollos fueron pesados al inicio de la prueba para obtener el peso vivo promedio inicial. En las primeras 3 semanas (etapa de iniciación), los comederos se colocaron dentro de la jaula metabólica y fueron hechos a mano con botes de plástico que se reciclaron para su uso en el experimento, al inicio de la cuarta semana (etapa de finalización), los comederos fueron cambiados y colocados por fuera de cada jaula usando comederos comerciales.

Composición de las Dietas

La dieta suministrada fue formulada de acuerdo a los requerimientos sugeridos por NRC (1994) para aves de engorda, con una fase de iniciación (ini) de 21 d y una de finalización (fin) de 21 d, utilizándose maíz molido, aceite comestible y pasta de soya como fuentes básicas de energía y proteína, respectivamente. Además, se complementó con un núcleo de vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales elaborado por la casa comercial Trouw Nutrition de México (Cuadro 1). Las dietas fueron elaboradas en el Laboratorio de Procesado de Alimentos Balanceados de la Facultad de Zootecnia y Ecología, Chihuahua, Chihuahua, México.

Manejo General

Una vez recibidos y distribuidos los animales en los tratamientos se les ofreció en una sola toma agua adicionada con electrolitos marca (Hidracon) hecho en México por Vedilab, S.A. de C.V. soluble en agua más vitaminas A, E, y K, diluyendo 15 g por cada 20 litros de agua.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales para iniciación y finalización para pollo de engorda, adicionadas con ácido ferúlico

Ingredientes Kg	Tratamientos							
	iniciación (0 -21d)				Finalización (22- 42d)			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Maíz	58.2	58.19	58.18	58.17	67.5	67.49	67.48	67.47
Pasta soya	36.5	36.5	36.5	36.5	26	26	26	26
Aceite	1.3	1.3	1.3	1.3	2.5	2.5	2.5	2.5
Premix Ini*	4	4	4	4	0	0	0	0
Premix Fin**	0	0	0	0	4	4	4	4
AF (ppm)	0	0.01	0.02	0.03	0	0.01	0.02	0.03
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Composición química

Nutrimento***		Iniciación	Finalización
MS	%	88.00	88.00
PC	%	23.00	18.80
EM	Kcal/kg	3080.00	3200.00
Lípidos	%	4.00	5.00
FC	%	2.60	2.50
Lisina	%	1.40	1.09
Met+Cist	%	1.00	0.85
Ca	%	1.00	0.90
P	%	0.65	0.54
Na	%	0.18	0.18
Cenizas	%	6.10	5.30
Xantofilas	Mg/kg		65.00

*Premix Ini: Núcleo de vitaminas, minerales y aminoácidos para pollo de engorda en etapa de Iniciación, elaborado por Trouw Nutrition de México

**Premix Fin: Núcleo de vitaminas, minerales y aminoácidos para pollo de engorda en etapa de Finalización, elaborado por Trouw Nutrition de México

***MS: Materia Seca; PC: Proteína Cruda; E: Energía Metabolizable; FC: Fibra Cruda; Met+Cist: Metionina más Cistina; Ca: Calcio; P: Fósforo; Na: Sodio

Semanalmente los animales fueron pesados y se registró el rechazo con el fin de determinar el consumo de alimento.

Al inicio de la cuarta semana de edad de los pollos se cambió el alimento a la dieta de finalización.

Sacrificio de las Aves

Una noche antes del sacrificio los pollos se sometieron a ayuno, suspendiendo el suministro de alimento. Se les ofreció únicamente agua para permitir que el alimento restante en el buche se desplazara para lograr una completa evacuación del tracto digestivo y facilitar la manipulación durante la evisceración.

Al inicio de la séptima semana lotes de 20 pollos fueron llevados al Complejo de Ciencia de la Carne de la Facultad de Zootecnia y Ecología para proceder al sacrificio. Se registró peso vivo al sacrificio, peso de la canal caliente y peso de la canal fría a 24 h postmortem.

El sacrificio de las aves se realizó conforme a lo descrito por la (NOM-033-ZOO-1995, sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres).

Las aves vivas se colgaron de las patas en la cadena de sacrificio, posteriormente se procedió a provocar inconciencia inmediata por medio de insensibilización del ave por corriente eléctrica (corriente alterna sinusoidal con frecuencia de 50Hz de 50v).

Desangrado. Se hizo un corte cervical seccionando la carótida externa y la yugular, permitiendo el correcto desangrado el ave y desconexión del sistema nervioso.

Escaldado. Se sumergieron los pollos en un tanque de agua por 3 min a 60

°C para la fácil remoción de las plumas

Desplume. Se desplumó a las aves en una máquina desplumadora eléctrica.

Evisceración. Se evisceró manualmente utilizando equipo desinfectado, se pesó la canal de cada ave. Por separado se pesaron hígado, molleja y corazón; se procedió al lavado de las canales sustituyendo la capa de agua superficial por agua limpia antes del shock térmico.

Shock térmico. Las canales lavadas y pesadas se sumergieron en agua con hielo a 2 °C con el objetivo de detener la contaminación superficial e interna.

Almacenamiento y enfriado de las canales. Las canales se refrigeraron a una temperatura de 0 a 4 °C durante 24 h en un cuarto frío del Complejo de Ciencia de la Carne de la Facultad de Zootecnia y Ecología.

Variables de la Prueba

Las variables fueron consideradas para su análisis en las 6 semanas de prueba o total (42 días) y por etapa de 0 a 3 semanas (21 d) para iniciación (ini) y de 4 a 6 semanas (21 d) para finalización (fin). Las etapas fueron seleccionadas de acuerdo a lo recomendado por (NRC, 1994).

Se determinaron las siguientes variables: Peso Vivo Inicial (PVI), Consumo de Alimento total (CA) y por etapa (CAini y CAfin), Ganancia de Peso total (GP) y por etapa (GPini y GPfin), Conversión Alimenticia total (CONA) y por etapa (CONAini y CONAfin), Porcentaje de Mortandad por semana y total (%MO), Rendimiento de la Canal Caliente (RCC), Rendimiento de la Canal Fría (RCF) a 24h post mortem.

Consumo de Alimento Total y por Etapa

Se ofreció alimento en iguales condiciones para todas las jaulas, los cuáles fueron rellenos a medida que éste se consumía. Al final de cada semana se pesó el rechazo de alimento para el cálculo real de consumo por jaula, sumando el total de alimento ofrecido menos el rechazo al final de cada jaula por semana y por etapa separando la etapa de iniciación CAini de la etapa de finalización CAfin.

$$CA = (\text{Total alimento ofrecido} - \text{rechazado})$$

Ganancia de Peso Total y por Etapa

Los pollos fueron pesados al final de cada semana en una báscula electrónica, promediándose el peso por jaula y por tratamiento. Para la primera semana fue descontado el peso inicial determinado al momento de la recepción y al término de cada semana se fue descontando el peso de la semana anterior. Para la ganancia de peso de la etapa de iniciación (GPini) fue descontado el peso promedio por jaula de cada tratamiento al término de la tercera semana del PVI, para la ganancia de peso de la etapa de finalización (GPfin), fue descontado el peso promedio por jaula de cada tratamiento al término de la sexta semana el PVI.

$$[GPD = (PV_{\text{final}} - PVI)/\text{días}]$$

$$[GP_{\text{etapa}} = (PV_{\text{etapa}} - PV_{\text{inicial}})]$$

Conversión Alimenticia Total y por Etapa

Se calculó la conversión alimenticia promedio total y por etapa, dividiendo el promedio de consumo entre el promedio de la ganancia de peso (CA = PV/CAL).

Porcentaje de Mortandad por Semana y Total

Desde la llegada de los pollos hasta el sacrificio, se registró el número de aves muertas. Al final de la prueba se calculó si hubo diferencias entre tratamientos y semanas, así como el porcentaje de mortandad total.

$$\% \text{ MO} = \text{Total de aves muertas} \times 100 / \text{total de aves}$$

Rendimiento de la canal caliente

Se registraron individualmente los pesos de cada pollo eviscerado agrupándolos por tratamientos antes del shock térmico.

Rendimiento de la Canal Fría

Se aplicó un enfriamiento rápido a las canales calientes por medio de un shock térmico a 2 °C en agua con hielo. Las canales se almacenaron durante 24 h en el cuarto frío de 0 a 4 °C. Posteriormente se pesó individualmente cada pollo de cada tratamiento para la obtención de los datos necesarios para el análisis.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM del paquete estadístico S.A.S (2006), bajo un diseño completamente al azar, se realizó un análisis de varianza.

Se realizó un análisis de comparación de medias por el método de Tukey cuando los resultados fueron significativos ($P < 0.05$) en las variables PVI, CA, GP, y CONA y sus etapas con el siguiente modelo estadístico:

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

Y_{ij} = Variables evaluadas PVI, CA, GP y CONA medidas durante el tiempo que duro el experimento

μ = Promedio general

T_i = Efecto del i ésimo tratamiento

e_{ij} = error aleatorio

Para analizar la variable % MO se utilizó un diseño de distribución de Ji-cuadrada (X^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Registro de Temperatura Semanal

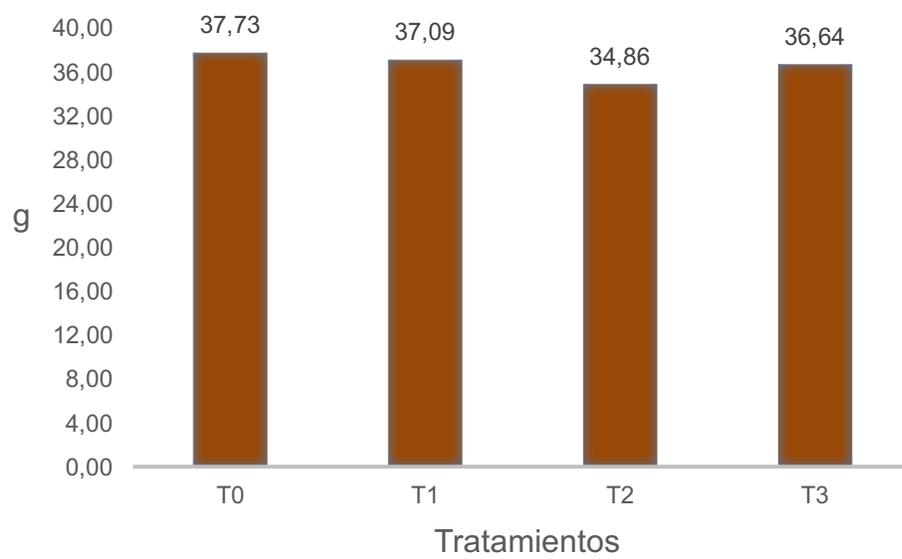
La temperatura promedio durante la primera semana de prueba fue de 33.5 °C, registrándose una temperatura máxima de 38.6 °C y una mínima de 18.4 °C observándose que concuerda con lo recomendado por SAGARPA-SENASICA (2016) en cuanto al promedio (32-33 °C), el rango se percibe extremo, lo que pudo repercutir en el desempeño de los animales, considerando que durante los primeros días de vida, los cambios medioambientales afectan en mayor medida a los pollos, quienes deben adaptarse desde su llegada a las condiciones de la nave de producción (Aviagen, 2017).

Peso Vivo Inicial (PVI)

Los pesos iniciales promedio de cada pollo a su llegada para su distribución entre los tratamientos fueron de (37.7±0.01 g) para T0, (37.0±0.00 g) para T1, (34.8±0.00 g) para T2 y (36.6±0.00 g) para T3 (Grafica 1). Donde no hubo diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$). Con una media general de 36.5 g. Lo anterior significa que los animales tuvieron PVI similar, siendo la diferencia entre los pesos promedio del tratamiento con el mayor y el menor peso de 2.9 g.

Consumo de Alimento Total y por Etapa (CA)

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en el CA total por semana que toma en cuenta las dos etapas de la prueba (ini y fin), lo cual era de esperarse considerando el crecimiento normal de los animales y por lo tanto, su consumo.



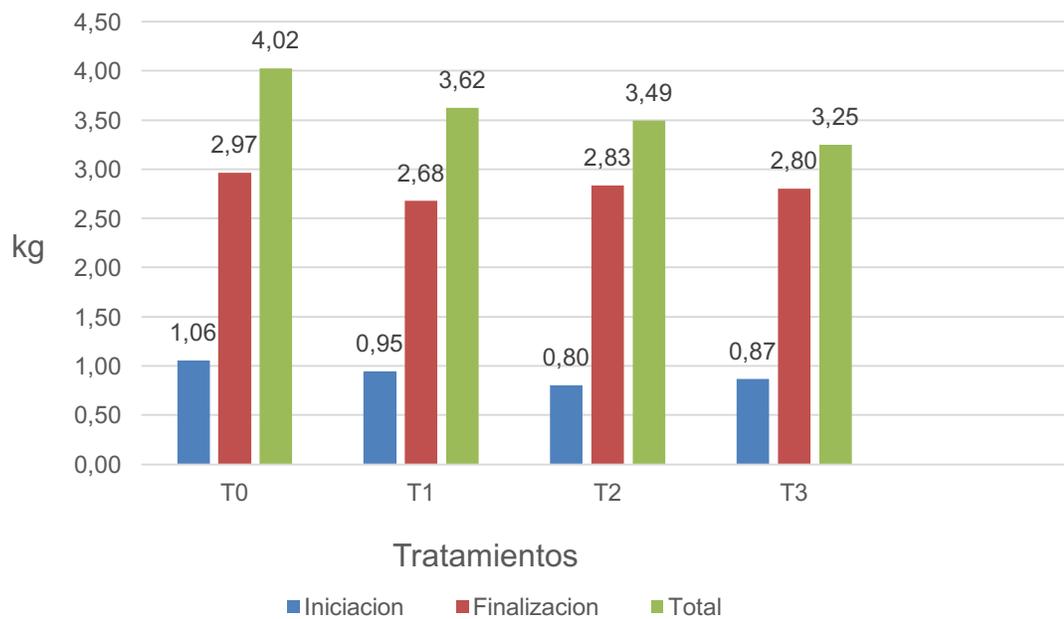
T0: Tratamiento control (dieta basal + 0 pmm)
T1: (dieta basal + 10 pmm)
T2: (dieta basal + 20 pmm)
T3: (dieta basal + 30 pmm)

Gráfica 1. Promedio del peso vivo inicial de los pollos a un día de edad.

De igual manera, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en CA total cuando éste se comparó por tratamiento, observándose que T0 y T3 se comportaron diferente. Se obtuvieron medias de (4.02 ± 0.74 kg) para T0, (3.62 ± 0.27 kg) para T1, (3.49 ± 0.86 kg) para T2 y (3.25 ± 0.35 kg) para T3 (Gráfica 2).

De acuerdo con NRC (1994), el promedio de consumo acumulado para un ave a las 6 semanas de edad es de 3.71 kg en condiciones ideales de producción, lo que indica que los 3 tratamientos adicionados con AF están por abajo de este rango de consumo (Gráfica 2). Por otro lado, T0 lo sobrepasa con el mayor consumo (4.02 kg) y en contraparte T3 (3.25 kg) presentó el menor consumo comparados con el resto de los tratamientos (Gráfica 2). Estudios realizados por Naowaboot *et al.*, (2016) en ratones obesos, se encontró que el AF redujo ligeramente el consumo de alimento, esto sugiere que el AF puede conducir a la disminución de la obesidad inducida reduciendo el consumo de alimento resultados que concuerdan con los de este estudio al obtener el menor consumo en T3 donde se tiene el mayor nivel de AF en la dieta. Caso contrario de los resultados del comportamiento sobre CMS en dietas de finalización reportado en bovinos en corral de engorda por Soto, (2017) quien menciona que el consumo se incrementa con la adición de AF.

Por su parte Sathishkumar *et al.*, (2015) en un estudio en el que adicionaron AF esterasa con el fin de mejorar el comportamiento productivo en aves, reportan que entre otras características el AF esterasa reduce el rango de consumo de alimento, tal y como se encontró en los tratamientos adicionados con AF en el presente trabajo.



T0: Tratamiento control (dieta basal + 0 pmm)
 T1: (dieta basal + 10 pmm)
 T2: (dieta basal + 20 pmm)
 T3: (dieta basal + 30 pmm)

Gráfica 2. Promedio de CAini, CAfin y CA total de pollos alimentados con AF.

Los resultados del presente estudio en las dos etapas de producción, concuerdan con el efecto mencionado anteriormente por Sathishkumar *et al.*, (2015), ya que los tratamientos adicionados con AF mostraron una reducción de la ingesta alimenticia comparados con el control.

Así mismo, O'Connell y Fox, (2001), mencionan que el AF puede provocar el desarrollo de mal sabor. Esta cuestión no fue evaluada, pero podría ser relevante en el sentido de que a mayor nivel de AF en las raciones, el sabor de las mismas pudiera alterarse provocando una reducción en el consumo de alimento.

Por otro lado, CAini también presentó diferencia entre tratamientos ($P < 0.05$) mostrando a T0 y T2 con comportamiento diferente. Se observa que T0 es el tratamiento que presentó mayor consumo con (1.06 ± 0.25 kg) y T2 el que registró el menor con (0.80 ± 0.18 kg). Se observó además que, en esta etapa, los tratamientos adicionados con AF resultaron con menor consumo que T0, T1 (0.95 ± 0.09 kg), T2 (0.80 ± 0.18 kg) y T3 (0.87 ± 0.35 kg) (Gráfica 2). Por lo que se puede considerar que el comportamiento en la etapa de iniciación marca la tendencia que se observa en CA total.

En este sentido NRC (1994), menciona que el consumo acumulado ideal para la tercera semana y en este caso etapa de iniciación es de 0.912 kg lo que indica que T0 sobrepasa el consumo ideal. Por otro lado, es posible que las condiciones de las jaulas metabólicas y su equipamiento (tipo de comederos) hayan influido en los resultados del CAini, ya que los animales en lo general tenían la tendencia a rascar el alimento del comedero y por tanto una parte del

mismo caía al piso. Para minimizar este factor que rutinariamente al hacer la limpieza de la caseta, se recogía lo más posible de este alimento y se regresaba al comedero.

Por otra parte, no se encontraron diferencias en CAfin entre tratamientos ($P>0.05$). Donde el tratamiento T0 tuvo (2.97 ± 0.59 kg), T1 (2.68 ± 0.25 kg), T2 (2.83 ± 0.39 kg) y T3 (2.80 ± 0.26 kg) (Gráfica 2), es decir se sigue la misma tendencia en esta variable en lo general.

Lo anterior indica que el posible efecto del AF en el consumo de alimento en aves se define desde la etapa inicial de producción, de tal manera que, aunque no muestra diferencias para la etapa final, el efecto se mantiene, pero se estabiliza en los diferentes tratamientos con excepción de T1.

Esto contrasta con lo afirmado por Rubio, (2017), quien en un estudio con vaquillas suplementadas con dietas adicionadas con AF, encontró que el consumo de materia seca (CMS) y pH ruminal, fueron positivamente impactados, reportando un incremento de CMS en la etapa de finalización en corral de engorda e indicando con ello que la adición de AF posiblemente esté relacionada con una mejor digestibilidad de nutrientes. Sin embargo, se debe considerar que las condiciones de digestión en el rumen son muy diferentes a las del aparato digestivo de aves, ya que en estas últimas no existe un efecto de fermentación microbiana en las primeras secciones de dicho aparato, incluso el alimento es humedecido en el buche previo a la digestión enzimática en el proventrículo para finalmente molerse en la molleja (Quintana, 1999; McDonald *et al.*, 2011).

Ganancia de Peso Total y por Etapa (GP)

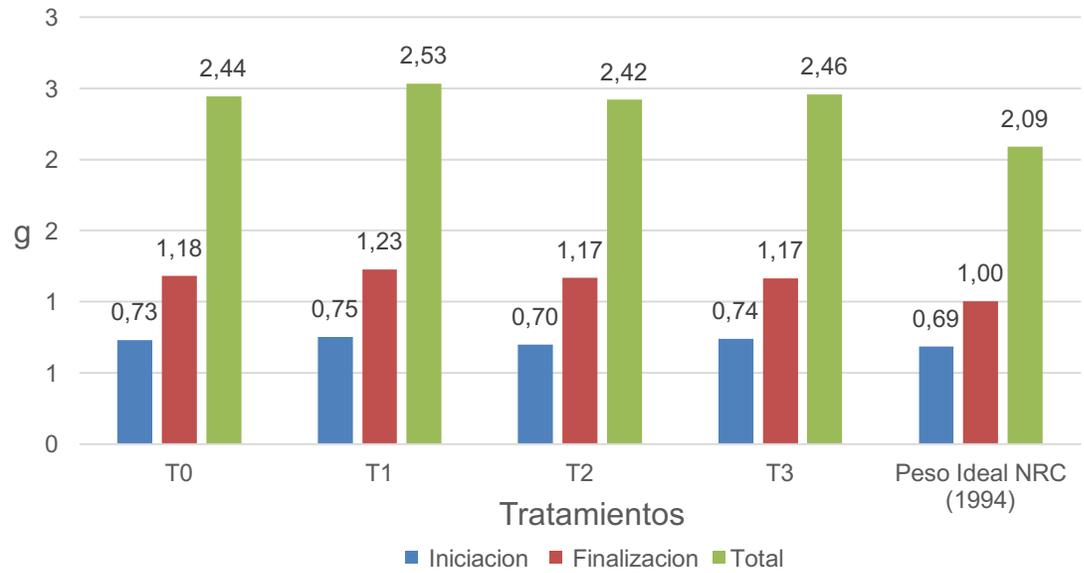
No se encontraron diferencias en GP total entre tratamientos ($P>0.05$) como efecto de la suplementación con AF (Gráfica 3).

En este sentido, en un estudio realizado por Naowaboot *et al.*, (2016) reportaron que existe una reducción en el peso de ratones alimentados con dietas altas en grasa y adicionadas con AF. Los resultados del presente estudio muestran similitud con lo reportado por estos autores y que, aunque la diferencia no fue significativa entre ellos, se debe considerar que las especies utilizadas son diferentes tanto en metabolismo como en sistema de producción, tomando en cuenta, además, que el experimento de los ratones se realizó en condiciones de laboratorio.

Por el contrario, Sathishkumar *et al.*, (2015) reportan que el peso de las aves se incrementa al incluir AF esterasa en la dieta, indicando que el AF mejora las condiciones de digestibilidad del alimento y el efecto de las enzimas digestivas.

En este sentido NRC, (1994) reporta que la ganancia de peso acumulada ideal para pollo de engorda a la sexta semana es de 2.088 kg. Los resultados del presente experimento para GP total de los 4 tratamientos muestran que esta ganancia fue superior ya que se encuentran por arriba de este valor (Gráfica 3). Sin embargo, es prudente considerar que este parámetro depende de la estirpe genética del ave.

En este sentido, en la etapa de iniciación se puede observar que los tratamientos muestran un comportamiento similar a GP total, donde la GPini de T1 (0.7541 ± 0.06 kg) y T3 (0.7380 ± 0.28 kg) fueron mayores que la GPini de T0



T0: Tratamiento control (dieta basal + 0 pmm)
 T1: (dieta basal + 10 pmm)
 T2: (dieta basal + 20 pmm)
 T3: (dieta basal + 30 pmm)

Gráfica 3. Promedio de GPini, GPfin y GP total de pollos alimentados con AF.

(0.7296 ± 0.11 kg). y T2 (0.7006 ± 0.08 kg), considerando que los resultados no son significativos para esta etapa ($P > 0.05$), se puede suponer que las dosis administradas no tienen un impacto negativo para esta variable, esto es que la adición de AF no reduce la GPini (Gráfica 3), lo que concuerda con lo reportado por Sathishkumar *et al.*, (2015).

NRC, (1994), indica que el peso ideal para esta etapa es de 0.686 kg, considerando esta información se puede ver que los 4 tratamientos del presente experimento se encuentran por arriba del peso ideal.

De igual manera no se presentaron diferencias ($P > 0.05$) en la etapa de finalización (GPfin), registrándose un comportamiento similar al mostrado en GP total y GPini donde se observa a T1 con (1.22 ± 0.18 kg), T0 con (1.18 ± 0.18 kg), T2 con (1.16 ± 0.23 kg) y T3 con (1.16 ± 0.11 kg) (Gráfica 3). Igualmente, y según NRC, (1994), la GP típica por pollo para la etapa de finalización es de 1.085 kg por animal, y de igual manera que en la etapa anterior los valores que se observan incluido el control están por arriba del peso ideal.

Por otro lado, Bandhu *et al.*, (2013), encontraron que ratones albinos alimentados con dietas altas en grasa y adicionados con AF se protegieron de la ganancia de peso inducida y redujeron el estrés oxidativo, por lo que disminuyeron su ganancia de peso. Se encontraron resultados similares en un estudio presentado por Naowaboot *et al.*, (2016) en donde ratones alimentados con dietas altas en grasa y suplementadas con AF de igual manera redujeron su peso.

Así mismo, como en las etapas anteriores, estos resultados se contraponen

con los encontrados en el presente estudio ya que los tratamientos adicionados con AF resultaron con mayor GP que T0, concordando con lo mencionado por Sathishkumar *et al.*, (2015) en su estudio con pollo de engorda suplementado con AF esterasa.

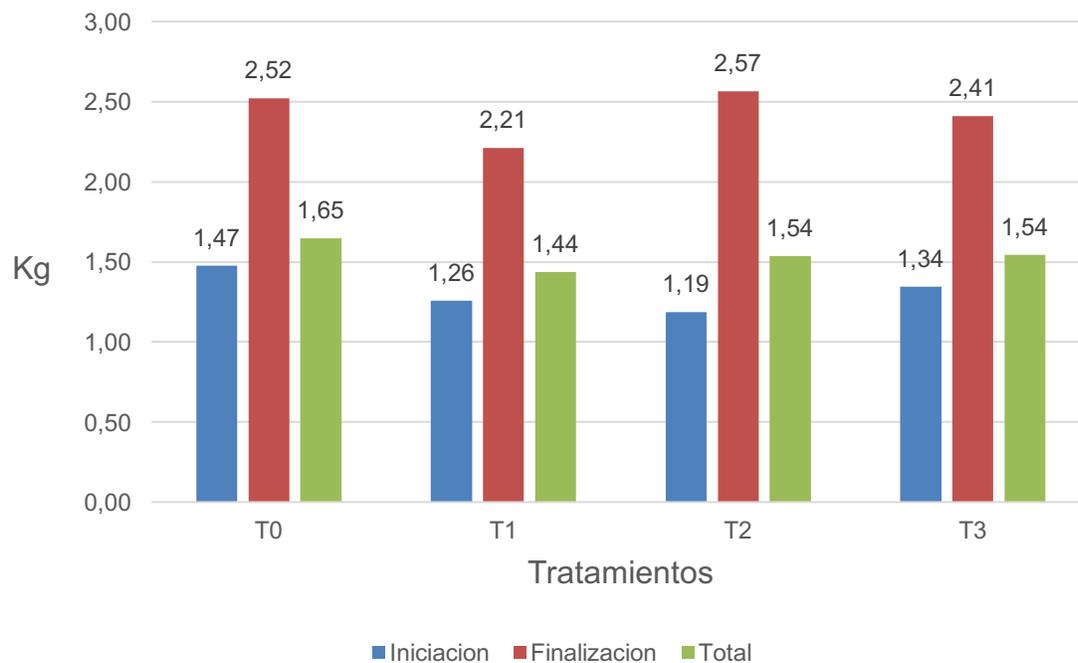
En consecuencia, se puede especular que estos resultados se deban a que las especies y las condiciones experimentales fueron diferentes, ya que los pollos en el presente experimento no se manejaron en condiciones de laboratorio ni se manejaron en piso, sino que estuvieron en jaulas metabólicas, por lo que tuvieron menor competencia entre ellos favoreciendo su ganancia de peso.

Conversion Alimenticia Total y por Etapa

En CONA total se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), T0 (1.65 ± 0.25 kg) presentó la CONA más alta y T1 (1.44 ± 0.09 kg) la más baja contradiciendo lo esperado en esta variable debido a los resultados de GP donde T1 obtuvo el mejor resultado, al mismo tiempo que T2 (1.54 ± 0.12 kg) y T3 (1.54 ± 0.05 kg) resultaron también por debajo de T0 (Gráfica 4).

Cabe mencionar que la conversión alimenticia es definida como la relación entre el alimento consumido y el peso ganado, siendo mejor en tanto más baja sea, por lo tanto, la eficiencia productiva de los animales es mayor en tanto la conversión alimenticia sea menor (Quintana, 1999). Tomando en cuenta lo anterior se puede considerar que con la adición de AF se obtuvieron mejores resultados en esta variable.

Los resultados encontrados en esta variable son reflejo y tienen relación directa con los resultados de las variables CA y GP obtenidos en la prueba.



T0: Tratamiento control (dieta basal + 0 pmm)
 T1: (dieta basal + 10 pmm)
 T2: (dieta basal + 20 pmm)
 T3: (dieta basal + 30 pmm)

Gráfica 4. Promedio de CONAini, CONAfin y CONA total de pollos alimentados con AF.

Esto significa que aparentemente la eficiencia de los pollos que recibieron AF es mejor que el tratamiento establecido como control y lo reportado como ideal.

Algunos estudios han sugerido el uso del AF como aditivo en las dietas para mejorar la eficiencia productiva en animales domésticos (Graf, 1992; Soberon *et al.*, 2012a; González *et al.*, 2013; Mancuso y Santangelo, 2014; Sathishkumar *et al.*, 2015). Sin embargo, la mayor parte de la información recabada ha sido en animales de laboratorio (Macías-Cruz *et al.*, 2014a), lo cual representa la necesidad de interpolación de los resultados para una aplicación en especies de interés zootécnico, como el pollo de engorda.

En cuanto a los resultados por etapa, CONAini presentó diferencia entre tratamientos ($P < 0.05$), donde T0 (1.47 ± 0.42 kg) fue mayor que los tratamientos adicionados con AF, observándose que T2 con (1.19 ± 0.26 kg) presentó el más bajo, T1 con (1.26 ± 0.12 kg) y T3 con (1.34 ± 0.19 kg), esta reducción del CONAini posiblemente refleje una influencia positiva de la adición de AF en el alimento de las aves. Lo anterior concuerda con lo mencionado por Sathishkumar *et al.*, (2015) quienes indican que la adición de AF esterasa mejora las condiciones de digestibilidad, peso y conversión alimenticia de las aves.

En este sentido, uno de los más importantes aspectos en la producción de pollo de engorda es la salud desde la incubadora, teniendo futuro impacto en las variables de la producción como la conversión alimenticia (Arbor Acres, 2009).

Por otro lado, CONAfin mostró diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) observando que T2 con (2.57 ± 0.70 kg) tuvo la mayor CONAfin siendo más alta que T0 con (2.52 ± 0.37 kg), el resto de tratamientos resultaron por debajo, T3

con $(2.41 \pm 0.17 \text{ kg})$ y T1 con $(2.21 \pm 0.70 \text{ kg})$ que presentó la más baja (Gráfica 4).

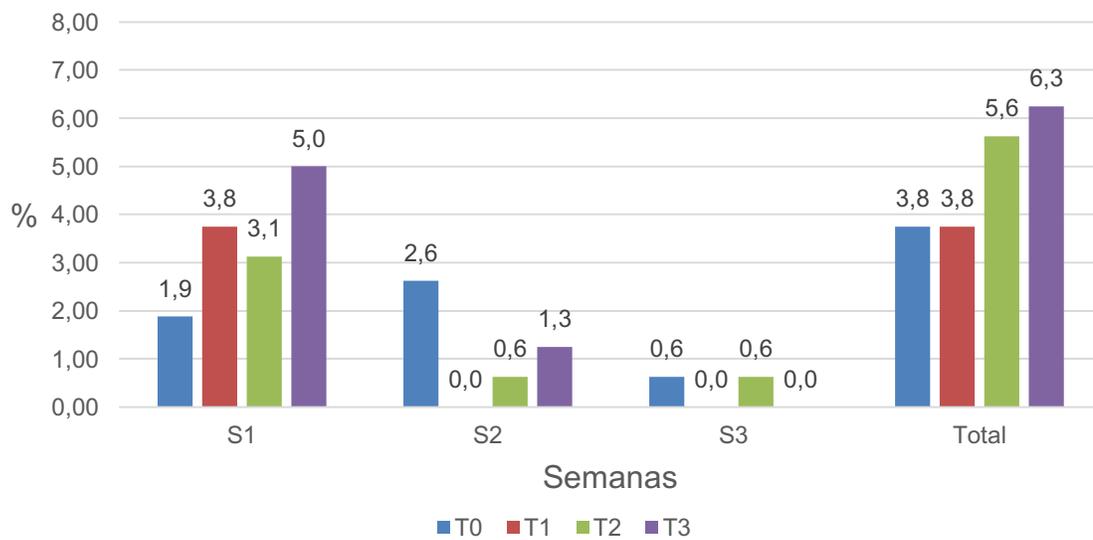
Para la etapa de finalización el comportamiento de esta variable cambia en la tendencia de CONAini, ya que T2 incrementó su conversión, de tal manera que, si en CONAini mostró el menor valor, para la CONAfin fue el más alto. Esto guarda relación con los resultados de CAfin y GPfin ya que los datos muestran que T2 presentó menor consumo de alimento y menor ganancia de peso en esta etapa, lo que impacta fuertemente en el valor de la conversión.

Los pollos del presente experimento fueron menos eficientes en esta etapa, sin embargo, los tratamientos adicionados con AF a excepción de T2 fueron menores que T0.

Porcentaje de Mortandad (% MO)

No hubo diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) considerando el % MO total de la prueba, se registró 19.37 % que resulta de la sumatoria de los valores presentados por los tratamientos como sigue: T0 con (3.8 %), T1 con (3.8 %), T2 con (5.6 %) y T3 con (6.3 %) (Gráfica 5). Por otro lado, se encontró diferencia de % MO al compararse por semana ($P < 0.05$), observándose que se obtuvo el mayor porcentaje durante la semana 1 de la prueba con (14 %) que al compararse entre tratamientos no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) (Gráfica 5).

En este sentido Vázquez, (2017), reporta que el porcentaje de mortandad en pollo de engorda a las 6 semanas de edad es de 5.87 %, aunque no se encontraron diferencias entre los tratamientos, esta cifra solo es superada por T3, lo que indica que el resto de los tratamientos presento un % MO dentro de



T0: Tratamiento control (dieta basal + 0 pmm)
 T1: (dieta basal + 10 pmm)
 T2: (dieta basal + 20 pmm)
 T3: (dieta basal + 30 pmm)

Gráfica 5. Porcentaje de Mortandad durante la etapa de iniciación y total de pollos alimentados con AF.

los parámetros reportados normales o ideales.

Los resultados de la semana 1 de la prueba posiblemente sean atribuibles al rango de temperaturas tan extremo que se tuvo durante los primeros días de edad de los pollos que pudo repercutir en esta variable, ya que no se observaron signos de enfermedad en la parvada.

En este sentido, como lo menciona Arbor Acres, (2009) la salud de la parvada desde la incubadora es un importante factor que puede afectar el desarrollo de las aves, ya que el ave recién nacida, debe tener buena salud desde que nace, de lo contrario, tendrá un impacto negativo en las variables de producción.

En un estudio realizado por (Francia *et al.*, 2009) sobre mortandad entre 2 diferentes líneas genéticas incluida la línea Ross, se observó que el mayor % MO correspondió a problemas relacionados con el rápido crecimiento de los pollos, sin embargo, no encontraron diferencias significativas, aunque estos resultados se mostraron bajos en la etapa de iniciación comparada con la de finalización.

En el caso del presente estudio el mayor % MO se presentó durante la semana 1, lo que se considera normal (Arbor Acres, 2009; Vázquez, 2017).

Sin embargo, otro factor que también pudo influir en este resultado, se refiere a que los pollos fueron adquiridos de una incubadora de Monterrey, N.L. y tuvieron un traslado por tierra de alrededor de 14 h, que pudo provocar que las aves mermaran en su potencial de sobrevivencia (Quintana, 1999).

Tomando en cuenta que durante la primera semana los pollos son más vulnerables a factores externos, éstos aunados a las variaciones de temperatura mencionados, se puede especular que pudieron ser la causa de la mortandad en

esa primera semana.

Rendimiento de la Canal Caliente (RRC)

No se encontraron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$) para esta variable, resultando similar el rendimiento de los 4 tratamientos (Gráfica 6).

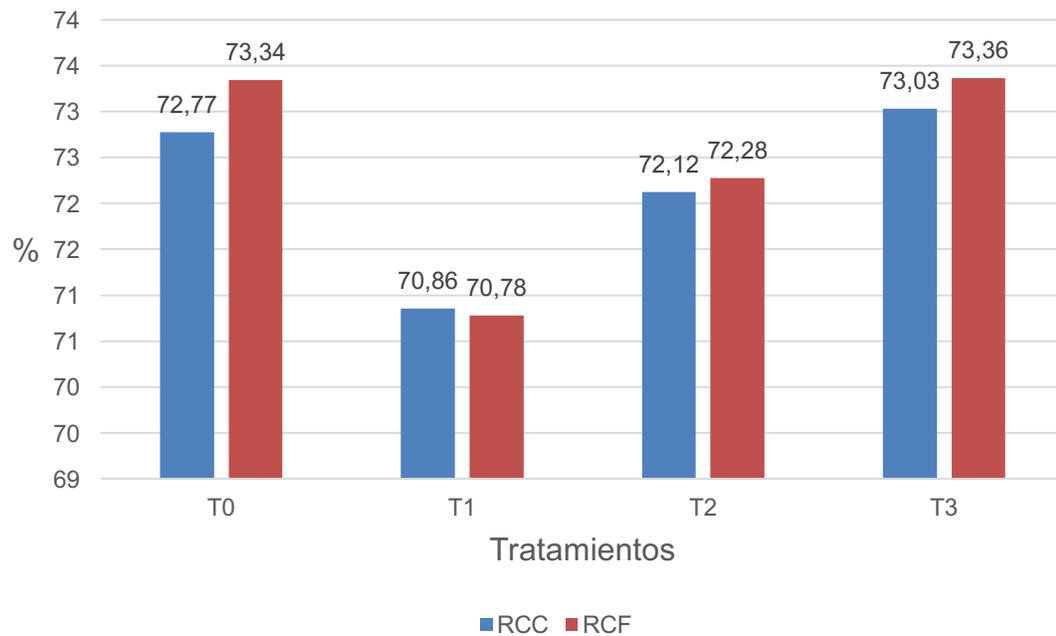
Considerando los resultados de las variables tales como CA donde los tratamientos adicionados con AF obtuvieron mejores resultados con menor consumo de alimento, sin diferencia en GP y con una CONA similar entre ellos, se puede afirmar que la adición de AF en las dietas para pollo de engorda tienen impacto positivo en el RCC caliente puesto que no afectó esta negativamente esta variable.

Por otra parte, Aviagen, (2017), indica que el rendimiento de pollos Ross 308 con un peso al sacrificio de 2.8 kg es de 73 %, aunque la fuente no menciona si se trata de RCC o RCF. Sin embargo, se observa un incremento conforme el nivel de AF aumenta. Lo anterior concuerda con lo reportado por González *et al.*, (2013) quienes afirman que el rendimiento en canal se mejora con la adición de AF en el caso de bovinos.

En otro estudio Macías-Cruz *et al.*, (2014a), observaron que el rendimiento de la canal en bovinos fue similar cuando lo compararon con un beta-agonista (Zilmax) que utilizaron para evaluar los efectos del AF en la dieta, además no encontraron efecto sobre la ganancia de peso, aunque no se afectó el rendimiento, se piensa que los resultados tendieron a reducir el crecimiento.

Rendimiento de la Canal Fría

No se encontraron diferencias en el RRF entre tratamientos ($P>0.05$) (Gráfica 6).



T0: Tratamiento control (dieta basal + 0 pmm)
 T1: (dieta basal + 10 pmm)
 T2: (dieta basal + 20 pmm)
 T3: (dieta basal + 30 pmm)

Gráfica 6. Promedio del RCC y RCF de pollos alimentados con AF.

Por lo que en general se mantiene la tendencia a mejorar el rendimiento cuando aumenta el nivel de AF en la ración, lo que concuerda con lo mencionado por González *et al.*, (2013).

El AF según Zhao *et al.*, (2008) tiene grandes beneficios, pero depende de la cantidad o dosis de consumo y del manejo desde los primeros días de edad de los pollos, ya que su rendimiento final depende del cuidado que se tenga a los detalles en todo el procedimiento de producción, esto incluye el buen manejo y salud de las reproductoras como de las incubadoras y así mismo el transporte y entrega eficiente de los animales recién nacidos, (Arbor Acres, 2009), aspectos que no fue posible controlar del todo al momento de realizar el experimento, lo que pudo influir en los resultados de la RCF.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados muestran que los tratamientos adicionados con AF en la etapa de iniciación tendieron a reducir el CA y mejorar CONA, aunque no tuvieron efecto en GP en ninguna de las etapas. Además el RRC y el RRF no tuvieron impacto negativo a consecuencia de la adición de AF.

En lo general, la adición de AF en los niveles evaluados en la dieta de los pollos, tendió a mejorar las variables de comportamiento productivo, por lo que se estima factible su uso en hasta 30 ppm en raciones para aves de engorda.

Los presentes resultados pueden tener un impacto positivo en el costo de la producción de aves de engorda, particularmente en la etapa de iniciación, tomando en cuenta la muy escasa información que se tiene actualmente acerca de las propiedades del AF como promotor de crecimiento en aves de interés zootécnico.

Se recomienda continuar con esta línea de investigación y en estudios posteriores se sugiere elevar las dosis administradas en las dietas para poder definir con mayor precisión los efectos de la adición del producto.

LITERATURA CITADA

- Arbor Acres. 2009. Guía de manejo de pollo de engorde. En: http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/smA-Acres-Guia-de-Manejo-del-Pollo-Engorde-2009.pdf
- Aviagen. 2017. América Latina Pollo de Engorde, Ross 308 AP, Objetivos de rendimiento 2017. En: http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross308AP-Broiler-PO-2017-ES.pdf Consultado 25 noviembre 2017
- Bandhau K. S., K. Sikder, K. Manna, Kr. D. Dipesh, A. Khan, N. Das y S. Dey. 2013. Promising role of ferulic acid, atorvastatin and their combination in ameliorating high fat diet-induced stress in mice. *Life Sci.* 938:949.
- Balasubashini, M. S., R. Rukkumani, P. Viswanathan, y V. P. Menon. 2004. Ferulic acid alleviates lipid peroxidation in diabetic rats. *Phytother. Res.* 18:310–314.
- Bourne L. C. y C. Rice-Evans. 1998. Bioavailability of ferulic acid. *Biochemical and Biophysical Res. Comm.* 253: 222-227.
- Borges A., C. Ferreira, M.J. Saavedra y M. Simoes. 2013. Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Microbial Drug Resistance.* 19: 256-65.
- D'Archivio M., C. Filesi, R. Di Benedetto, R. Gargiulo, C. Giovannini y R. Masella, 2007. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Ann. Ist Super sanità.* 43 :348-361.
- FAO. 2013. Poultry Development Review. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). En: <http://www.fao.org/docrep/019/i3531e/i3531e.pdf> Consultado 15 agosto 2017.
- FAO. 2017. Poultry and... Animal Production and Health. Agriculture and Consumer Protection Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). En: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/poultry/home.html> consultado 15 agosto 2017.
- Fellenberg M.A. y Speisky H. 2007. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. *Word's Poultry Science journal.* pp. 53-70.

- Francia M. M., E. D. Icochea, P. S. Reyna, E. T. Figueroa. 2009. Tasas de mortalidad, eliminados y descartes de dos líneas genéticas de pollos de carne. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 1609-9117.
- FIRA. 2016. Panorama agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. *Avicultura carne 2016. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA).* En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200631/Panorama_Agroalimentario_Avicultura_Carne_2016.pdf Consultado 25 septiembre 2017.
- Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. 2016. Infografías, Industria Avícola en México. Información sobre la producción avícola del país. En: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/infografias/resource/664ddc87-c1fb-4324-a4b4-54b8f7794afc> Consultado 16 septiembre 2017.
- Gámez de León N. y M. Sánchez-González. 2006. Extracción químico enzimática del ácido ferúlico presente en diferentes variedades de maíz mexicano. En: http://respyn2.uanl.mx/especiales/2006/ee-11-2006/documentos/trabajos_libres/alimentos.pdf. Consultado 8 octubre 2017.
- Gimeno E. C. 2004. Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Ámbito farmacéutico Nutrición. Offarm. El server.* vol 23 6 de junio 2004. En: <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>. Consultado 15 enero 2018.
- González Ríos H., D. Gil Lozano y A. Berrondo Mir. 2013. Ferulic acid as a feed supplement in beef cattle to promote animal growth and improve the meat quality of the carcass and the meat. *Pub. No. US 2013/0041036 A1.* Patent application publication, E.U.A.
- Graf E., 1992. Antioxidant potential of ferulic acid. *Free radical biology and medicine.* 13:435-488.
- INEGI. 2017. México en cifras: información nacional por entidad federativa y municipios. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía En: www.inegi.org.mx. Consultado 15 agosto 2017.
- Itagaki S., T. Kurokawa, C. Nakata, Y. Saito, S. Oikawa, M. Kobayashi, T. Hirano. y K. Iseki. 2009. In vitro and in vivo antioxidant properties of ferulic acid: a comparative study with other natural oxidation inhibitors. *El Server. Food Chemistry.* 114: 466-471.

- Jiménez S. A. L., J. Garza R, H. Sumano L., H. Sánchez F. 2010. Vigilancia sanitaria en el uso ilícito del clenbuterol y su coordinación intersectorial en dos entidades de México. Vet. Mex. Trabajo de tesis de maestría. en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v42n1/v42n1a2.pdf>. Consultado 26 de enero 2018.
- Kesh SB., K. Sikder, K. Manna, DK. Das, A. Khan, N. Das y S. Dey. 2013. Promising role of ferulic acid, atorvastatin and their combination in ameliorating high fat diet-induced stress in mice. Life Sci. 92: 938-49.
- Kikuzaki H., M. Hisamoto y K. Hirose. 2002. Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds. J. Agric. Chem. 50:2161-2168.
- Li Y. J., L. Y. Li, J. L. Li, L. Zhang, F. Gao y G. H. Zhou. 2015. Effects of dietary supplementation with ferulic acid or vitamin e individually or in combination on meat quality and antioxidant capacity of finishing pigs. J. Asian Australas. J. Anim. Sci. 28:374–381.
- Macías-Cruz, U., S., Perard, R. Vicente, F. D. Álvarez, N. G. Torrentera-Olivera, H. González-Ríos, S. A. Soto-Navarro, R. Rojo., C. A. Meza-Herrera y L. Avendaño-Reyes. 2014a. Effects of free ferulic acid on productive performance, blood metabolites, and carcass characteristics of feedlot finishing ewe lambs. J. Anim. Sci. 92:5762-5768.
- Macías-Cruz U., F.D. Álvarez Valenzuela, S.A Soto-Navarro, E. Águila-Tepato y L. Avendaño-Reyes. 2014b. Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, nutrient intake and digestibility in hair-breed sheep. Asian J. of Anim. and Vet. Adv. 9: 312-320.
- Mancuso C. y R. Santangelo. 2014. Ferulic acid: Pharmacological and toxicological aspects. Food Chem. Toxicology. 65:185–195.
- Mateo Anson N., R. Van den Berg, R. Havenaar, A. Bast, y G. R. Haenen. 2009. Bioavailability of ferulic acid is determined by its bioaccessibility. J. of Cereal Sci. 49:296–300.
- Marban-Arcos y López-Jiménez. 2011. Intoxicación alimentaria por clenbuterol. Rev. Sanid. Milit Mex. 2011; 121-124. En: <http://www.medigraphic.com/pdfs/sanmil/sm-2011/sm113i.pdf>. Consultado 24 enero 2018.
- Mitchell G.A. y Dunnavan G. 1998. Illegal use of beta-adrenergic agonist in the United States. J. Anim. Sci. 76:208-11.
- McCarthy A. L., Y. C. O'Callaghan, C. O. Piggott y R. J. FitzGerald. 2012. Brewer's spent grain; bioactivity of phenolic component, its role in

animal nutrition and potential for incorporation in functional foods. Proc. Nut. Soc. 72 :117-125.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, y R. G. Wilkinson. 2011. Animal Nutrition. Seventh Edition. Pearson Education Limited. Prentice Hall. Harlow, Essex, England

Naowaboot J., P. Piyabhan, N. Munkong, W. Parklak y P. Pannangpetch. 2016. Ferulic acid improves lipid and glucose homeostasis in high-fat diet-induced obese mice. Clinical and experimental pharmacology and physiology. 43:242-250

Navarro A., E. K. González -Vázquez, D. Arrieta y L. Hernández -Vázquez. 2009. Estudio de la dimerización y transesterificación del ferulato de etilo. XIII Congreso nacional de biotecnología y bioingeniería. VII Simposio internacional de producción de alcoholes y levaduras. En: http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJO_S/AREA_I/CI-07.pdf. Consultado 11 octubre 2017.

NOM-061-ZOO-1999. 2000. Norma oficial Mexicana. Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203496/NOM-061-ZOO-1999_11102000.pdf. Consultado 16 enero 2018.

NOM-EM-015-ZOO-2002. 2016. Norma oficial Mexicana. Especificaciones técnicas para el control del uso de beta-agonistas en los animales. En: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=734908&fecha=01/03/2002. Consultado 25 mayo 2016.

NOM-033-ZOO-1995. Norma oficial Mexicana. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. Secretaria de agricultura, ganadería y desarrollo rural. En: <http://www.cuautitlan.unam.mx/descargas/cicuae/normas/Norma033.pdf>. Consultado 20 enero 2018.

NRC. 1994. Nutritional requirements of poultry. 9th ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. USA.

O'Connell J. E. y P. F. Fox. 2001. Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: A Review. Int. Dairy J. 11:103–120.

Quintana, J.A. 1999. Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes. 3ª Edición. Editorial Trillas, México.

Rubio R. A. 2017. Ácido ferulico como aditivo para mejorar la fermentación ruminal de vaquillas en finalización. Tesis de Licenciatura. Facultad de

Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua.
Chihuahua, Chihuahua, Mexico.

- SAGARPA -SENASICA.2016. Manual de Buenas Practicas Pecuarias en la producción de Pollo de Engorda. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. En http://oncesega.org.mx/archivos/Manual_de_Buenas_Prcticas_Pecuarias_de_Producci_n_de_Pollo_de_Engorda_4.pdf Consultado 18 noviembre 2017.
- SAGARPA. 2017. Carne de pollo, delicioso y nutritivo aliado de la cocina. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación En: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/carne-de-pollo-delicioso-y-nutritivo-aliado-de-la-cocina?idiom=es>. Consultado 26 septiembre 2017.
- Sarangi P. K. y H. P. Shoo. 2010. Ferulic acid production from wheat bran using *Staphylococcus aureus*. New York Sci. J. 3:79-81
- SAS. 2006. Statistical Analysis Systems user's guide. Statics version 9 Cary, North Carolina, E.U.A.
- Sathishkumar J. M. Rajalekshmi y C Haridasan. 2015. Use of ferulic acid esterase to improve performance in monogastric animals. Pub. No WO2015061672 A1. Patent application publication, E.U.A.
- SENASICA. 2016. Buenas prácticas en la producción de carne de pollo: de la granja a tu mesa 2016. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y calidad agroalimentaria. En: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/buenas-practicas-en-la-produccion-de-carne-de-pollo-de-la-granja-a-tu-mesa>. Consultado 19 septiembre 2017.
- Servicio de información agropecuaria y pesquera. 2016. %La saludable carne de pollo. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. En: www.gob.mx/siap/articulos/la-saludable-carne-de-pollo?idiom=es Consultado 27 septiembre 2017.
- Shiyi O. y K. Kin-Chor. 2004. Ferulic acid: Pharmaceutical functions, preparation and application in foods. J. Food Sci. and Agric. 84:1261-1269.
- Soberon M. A., D. J. R Cherney y J. H. Cherney. 2012a. Free ferulic acid uptake in ram lambs. J. Anim. Sci. 90:1885-1891.
- Soberon M.A., J. H. Cherney, R. H. Liu, D. A. Ross y D. J. R. Cherney. 2012b. Ferulic Acid uptake in Lactating Cows. J. Dairy Sci. 95:6563-70.

- Soto, C. L. F. 2017. Efecto del ácido ferúlico sobre el pH ruminal, consumo, flujo y digestibilidad de nutrientes de vaquillas en finalización. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua, México.
- Srinivasan M., A. R. Sudheer y V. P. Menon 2007. Ferulic Acid: Therapeutic potential through its antioxidant property. Recent advances in Indian herbal drug research. J. Clin. Biochem. Nutr. 40:92–100.
- Vázquez, D.A.S. 2017. Producción de pollo de engorda, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión Avícola. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. En: <http://www.fmvz.unam.mx/zootecnia/ceiepavpolloengorda.html>
Consultado 10 diciembre 2017
- Zhao Z. y M. H. Moghadasian. 2008. Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid. Food chem. 109: 691-702.