

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL**



**Calidad de la Canal de Pollos de Engorda Suplementados
con Ácidos Fúlvicos en la Dieta**

Por:

Carlos Efraín Hernández Ochoa

Tesis

Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila

Noviembre de 2019

**Calidad de la Canal de Pollos de Engorda Suplementados
con Ácidos Fúlvicos en la Dieta**

Tesis

Elaborada por Carlos Efraín Hernández Ochoa como requisito
parcial para obtener el título de: ING: Agrónomo Zootecnista con la
supervisión y aprobación del comité de asesoría

Dr. José Eduardo García Martínez
Director

MC. Camelia Cruz Rodríguez
Asesor

Ing. Fco. Alonso Rodríguez Huerta
Asesor

Dr. José Quelez Alanís
Coordinador de Ciencia Animal

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por ser el motivo principal para cumplir mis sueños, por su gran amor, cariño y comprensión por los consejos que me dan ya que muchos de mis logros se los debo a ustedes, por siempre estar a mi lado cuando más lo necesito, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

También le agradezco a mi asesor y profesor Dr. José Eduardo García Martínez quien estuvo en el proceso de aprendizaje y asesoró en mi tema de investigación, quien sin recibir nada a cambio me ayudo mostrando su compromiso hacia mí y mis compañeros de carrera.

A todos mis profesores que a lo largo de esta carrera fueran muchas las enseñanzas y buenos consejos los cuales me hicieron mejor persona.

A Dios por llevarme por el sendero del bien y poder concluir mis estudios satisfactoriamente por las bendiciones recibidas así mí y mi familia.

DEDICATORIA

Con todo el amor y cariño a mis padres Efraín Hernández Valdez y Ana Ochoa Herrera; porque creen en mí y por haberme apoyado en cumplir mis sueños, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes y a sus consejos, por lo que pude lograr un meta más en vida profesional, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, de mi parte así ustedes mi admiración y respeto.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	4
INDICE DE CUADROS	6
INDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN.....	9
REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
Origen de los Ácidos Fúlvicos	10
Uso de los Ácidos Fúlvicos	12
Uso de los Ácidos Fúlvicos en la Industria	13
Los ácidos Fúlvicos en los Humanos	13
Ácidos Fúlvicos en la Alimentación Animal.....	14
Ácidos Fúlvicos en la Alimentación de aves.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Animales y su Manejo	19
Alimentación.....	22
Variables a Evaluar.....	23
Análisis Estadístico	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
CONCLUSIÓN.....	29
LITERATURA CITADA	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en distintos materiales.	13
Cuadro 2:	Composición de la dieta experimental en etapa de iniciación.	22
Cuadro 3:	Composición de la dieta experimental en etapa de finalización.	23
Cuadro 4:	Comportamiento en canal de pollos de engorda, suplementados con ácidos fúlvicos en la dieta.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Proceso de separación de los AF.	11
Figura 2:	Diagrama descriptivo de los pasos a seguir para extraer y aislar AF mediante el método IHSS.	12
Figura 3:	Extracción de PC por el método de Kjeldahl.	20
Figura 4:	Muestra de la canal de pollo que se utilizaron.	21
Figura 5:	Determinación de cenizas.	21
Figura 6:	Determinación de grasa por el método de soxhlet.	21

RESUMEN

La presente investigación, se realizó con el objetivo de; Evaluar la alimentación con ácidos fúlvicos en pollos de engorda, y su efecto sobre la calidad de la canal. Dicho estudio fue realizado en la Unidad metabólica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Para ello se emplearon 5 diferentes dosis: 0, 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4% de AF en el alimento, para evaluar la calidad de la canal (proteína cruda PC y grasa GC) en las piezas principales de pollo de engorda (pechuga y pierna + muslo). Se utilizaron 180 pollos de un día de edad, sexados machos, de la línea Ross 308, con una etapa de producción de 42 días, Las dietas fueron a base de maíz y pasta de soya, más una premezcla de vitaminas, aminoácidos y minerales. La determinación de PC y GC se realizó en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por medio de la metodología de la A.O.A.C. (1980). Para el análisis estadístico de los resultados se empleó un diseño completamente al azar, contando con cinco tratamientos y tres repeticiones para toda la etapa de producción, mediante el programa SAS. Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que al adicionar 2% de AF se obtienen una mejor respuesta a diferencia de los demás tratamientos, en cuanto a calidad de la canal, se observaron mejores niveles de proteína en la pechuga y también se obtuvo una reducción de grasa en las principales piezas de la canal.

PALABRAS CLAVE: pollos de engorda, ácidos fúlvicos, calidad de la canal.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes de minerales derivados de las plantas se conocen como el sustrato húmico del suelo o depósitos húmicos, y usualmente están en las capas superiores del suelo. El humus es producido a partir de fuentes vegetales en descomposición. Los ácidos fúlvicos (AF) son sustancias químicas naturales, pero además complejas. El uso de sustancias húmicas que anteriormente solo se aplicaba en la agricultura sin embargo se ha implementado en la producción avícola en huevo o carne, según Sanmiguel (2014), ayudan a promover el crecimiento, mejorando la productividad y salud animal y dichas sustancias permiten optimizar una mejor digestión de nutrientes para tener un efecto positivo asociado en la dieta. En la Actualidad se han creado granjas de alto potencial tecnológico para su mayor producción y explotación, en sus alimentos que no solo cumplen con características nutricionales, sino que también se busca características específicas; es decir agregando componentes biológicamente activos, aditivo para crear una reacción que ayude a mejorar el resultado en el producto final (Angélica, 2013).

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen de los Ácidos Fúlvicos

Los ácidos fúlvicos (AF) son sustancia química naturales polifuncionales muy complejas, que forman parte de las sustancias húmicas, las cuales están presentes en suelos, lagos y mares, y que además son la base de los ciclos de los micronutrientes del suelo. Además, es proveniente de la Leonardita. El AF es una sustancia con un bajo peso molecular extremadamente bioactiva, soluble tanto en agua como en ácidos y bases débiles. Son agentes complejantes de cationes metálicos muy importantes, por lo que causan un impacto directo en la biodisponibilidad y transporte de los mismos.

Se combinan y recombinan durante el proceso de su formación, también contiene energía solar latente que se esconde muy profundamente en la estructura molecular compleja formada mediante el proceso de la fotosíntesis de las plantas que le dieron origen. Los ácidos fúlvicos (AF) Es el resultado de la descomposición de la materia orgánica durante muchos años.

Métodos de extracción

La clasificación de SH comúnmente conocida hasta la fecha (AF, AH), fue hecha con respecto a su solubilidad, tal como se muestra en la figura 1. Los AH y los AF representan las fracciones solubles en soluciones acuosas alcalinas, mientras que las huminas representan el residuo insoluble del *humus*. Los AF son separados de los AH a través de la precipitación de éstos últimos, lo cual se logra mediante la acidificación de la solución acuosa en la que se encuentran disueltos. Los AF son solubles a cualquier pH, por lo que permanecen disueltas en el medio acuoso.

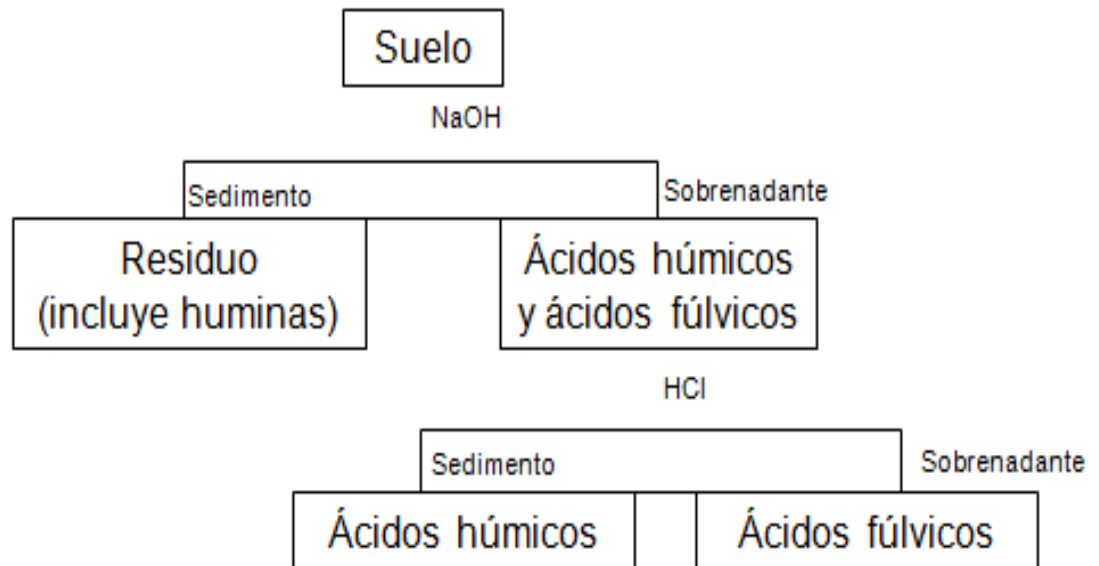


Figura 1. Proceso de separación de los AF, AH y huminas con base a sus solubilidades en medios alcalinos y/o ácidos.

Método IHSS

Existe una técnica de extracción muy importante, la cual fue propuesta por la Asociación Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS), la cual se basa en la solubilidad de las SH en medios acuosos de diferentes pH, es decir, que las huminas son insolubles en cualquier intervalo de pH, que los AH son insolubles en medio ácido y que los AF son solubles en todo el intervalo de pH. En la figura 2 se muestran a grandes rasgos los pasos a seguir para extraer y purificar AF por esta técnica.

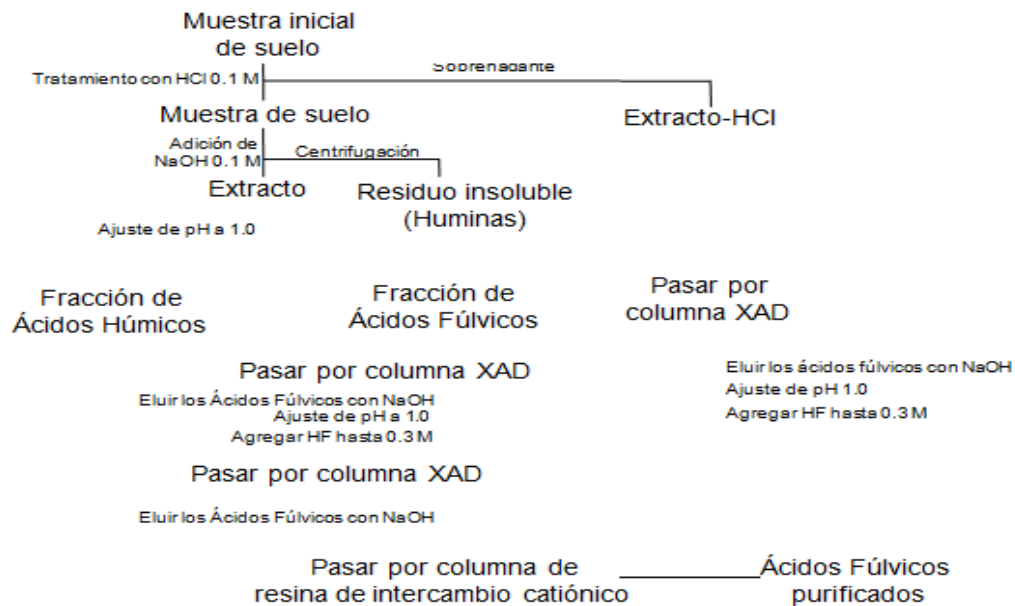


Figura: 2 Diagrama descriptivo de los pasos a seguir para extraer y aislar AF mediante el método IHSS.

Uso de los Ácidos Fúlvicos

Los AF son más activos que los ácidos húmicos y son de peso molecular bajo. La palabra fúlvico viene de “fulvus que significa amarillo. Los ácidos fúlvicos son agrupaciones de macromoléculas donde sus unidades son compuestos aromáticos de carácter fenólico, y derivados de la desintegración de la materia orgánica dando una coloración entre café y amarillo. Su peso molecular es menor a 500-5,000 Dalton y poseen la capacidad de absorber mejor los micro elementos su composición elemental está constituida de oxígeno 44 - 50%, contiene menos cantidad de carbón 40- 50%, comparado con ácido húmico contiene 0.8-3% de nitrógeno, con una acidez total de 6.4 a 14.2 equivalente gramo (meq). Los AF están presentes en toda la materia orgánica en diferentes concentraciones. La Leonardita es la roca con más contenido de AF (Cuadro 1), esta piedra se origina de la desintegración de la materia orgánica antes de que alcance la formación del carbón (Player, 2011).

Cuadro 1. Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en distintos materiales (%).

MATERIAL	ÁCIDOS HUMICOS	ÁCIDOS FÚLVICOS
Leonardita	40	85
Turba Negra	10	20
Carbón Bituminoso	10	30
Estiércol	4	15
Tierra de Jardín	1	5
Carbón	0	1
Humus de lombriz	2.8	1.5

Uso de los Ácidos Fúlvicos en la Industria

Debido a la gran contaminación de suelos y mantos acuíferos, existe la necesidad de crear métodos para la eliminación de residuos de los suelos y para ayudar a mejorar la calidad del agua. Los ácidos fúlvicos principalmente extraídos de la leonardita pueden ser utilizados para la eliminación de contaminantes del agua como los hidrocarburos y materiales pesados como Cd, Cu y Zn, para reducir los niveles de sales del agua haciéndola menos pesada, también pueden ser utilizados como ingredientes de cosméticos y son considerados como un excelente agente absorbente (Humitec,2015).

Los ácidos Fúlvicos en los Humanos

Desde el siglo XV existen registros de la aplicación de los ácidos fúlvicos en la industria farmacéutica, pero hoy en día los seres humanos se han visto en la necesidad de buscar nuevas alternativas, para evitar el uso de químicos en la medicina y alimentación, una alternativa es el uso de productos de origen natural como lo son los ácidos fúlvicos, que según estudios realizados

en la medicina china, demuestran que debido a las propiedades que contienen son de gran utilidad para la salud humana (Li shizan, 2015).

Los ácidos fúlvicos son asimilables por el organismo humano, estudios han demostrado que favorecen a la reducción de enfermedades virales como; gripe e influenza entre otras, esto debido a que hace al sistema inmune más activo, también se tiene registros que funciona como desinflamatorios, ya que son capaces de inhibir la enzima dañada. Debido a que los ácidos fúlvicos contienen oxígeno, favorecen a una mejor circulación de la sangre, evitando enfermedades por la falta de oxigenación y favoreciendo también a una mejor coagulación, ayuda a fortalecer el sistema inmune y a hacerlo más efectivo evitando que las células dañadas de cáncer se multipliquen haciendo la enfermedad más lenta y menos dolorosa (Cárdenas, 2013).

Otros de los benéficos de los ácidos fúlvicos en la salud humana es: la estabilidad del pH, ayuda al aumento de los niveles de oxígeno en las células, favorece a una mejor eficiencia alimenticia reflejándose en una mejor absorción y transportación de los nutrientes que ingiere el organismo, según (Li Shizhan, 2015).

Ácidos Fúlvicos en la Alimentación Animal

Estudios recientes demuestran que la utilización de los ácidos fúlvicos como suplementos en la alimentación animal son de gran ayuda para un mejor y óptimo desarrollo (Humitech, 2010). La utilización de éstos ácidos en la alimentación de los animales ha sido muy aceptada por los productores y la sociedad, ya que es un producto natural derivado de la desintegración de la materia orgánica a diferencia de los antibióticos y promotores de crecimiento químicos, que solo aceleran el crecimiento, dañando la salud y bienestar del animal. A diferencia de los productos químicos la utilización de los ácidos fúlvicos ayuda a una mejor conversión alimenticia, mejora los rendimientos en

peso vivo y en rendimiento en canal y hace más eficiente al sistema inmune reduciendo las enfermedades y eliminando el número de moscas y garrapatas, favorece a una mejor absorción de los nutrientes aprovechando al máximo viéndose reflejado en la disminución de costos de producción (Plazas, 2014).

Los experimentos realizados han sido capaces de demostrar que el uso de los ácidos fúlvicos en la alimentación animal es redituable ya que aumenta, en el caso de las vacas lecheras, la producción de leche y hace más rica en grasa a la misma, también el uso de los AF ayuda a aumentar la resistencia de las vacas al estrés por las altas temperaturas (Gómez, 2015).

Otros estudios, evaluaron los efectos del AF sobre el crecimiento y la calidad de la carne en cerdos. Un total de 216 cerdos castrados Landrace x Yorkshire con un peso inicial de $30,07 \pm 2,5$ kg fueron asignados al azar a 6 tratamientos con 6 réplicas (corrales) por tratamiento y 6 cerdos por corral. La dieta basal se suplementó con diferentes niveles de AF (0,0%, 0,1%, 0,2%, 0,4%, 0,6% y 0,8%). Los cerdos tuvieron acceso ad libitum al alimento y al agua durante todo el experimento. A demás fueron alimentados con dietas a base de un programa de alimentación de 2 fases. El periodo experimental mostró que los cerdos alimentados con dietas suplementadas con AF aumentaron la ganancia media diaria de peso (GMD) de forma lineal y cuadrática ($P < 0,05$) durante la fase 1 y durante todo el período de alimentación, respectivamente, mientras que el índice de conversión (IC) aumentó de forma cuadrática ($P < 0,05$). La suplementación con AF no afectó a la GMD ni la ingesta media diaria de pienso durante la fase 2, pero el IC se incrementó de forma cuadrática ($P < 0,05$). El peso al sacrificio y el peso de la canal caliente de los cerdos con dietas suplementadas con AF aumentaron lineal y cuadráticamente ($P < 0,05$). El espesor de la grasa dorsal se redujo ($P < 0,05$) cuadráticamente en respuesta a la suplementación de AF. Las dietas suplementadas con AF redujeron el pH del músculo (24 h) linealmente ($P < 0,05$) y el malonaldehído (MDA) cuadráticamente ($P < 0,05$). Por otra parte, los valores de colorimetría a^* y b^* y

el veteado de grasa aumentaron linealmente y cuadráticamente ($P < 0,05$), (Nutrimail, 2014). En base a los resultados de este estudio, se concluye que la dieta suplementada con AF puede mejorar el rendimiento, reducir el espesor de grasa dorsal, y mejorar la calidad de la carne de los cerdos en crecimiento-acabado. El análisis de línea quebrada indica que el nivel óptimo de suplementación de AF va desde el 0.48 hasta el 0.79% para mejorar el IC y reducir el espesor de grasa dorsal y el contenido de MDA (Bai, 2013).

Se realizó una investigación para ver el efecto de la adición de 0, 2, 4 y 6 ppm de ácidos fúlvicos en el agua de bebida, sobre el porcentaje de materia seca, proteína cruda y grasa en las piezas principales de pollo de engorda (pechuga y pierna + muslo). Para ello fueron utilizados 180 pollos de la línea comercial Ross-Ross sin sexar, divididos al azar en cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno y 15 pollos por repetición. El alimento fue elaborado en base a maíz y pasta de soya. El agua de bebida se le agregó 0, 2, 4 y 6 ppm de ácidos fúlvicos, fue dividida en dos etapas: iniciación (1-21 días) y finalización (22-42 días). Durante todo este periodo la alimentación y el agua empleada fueron a libre acceso. Las variables evaluadas para efecto de la adición de ácidos fúlvicos en el agua de bebida de pollo de engorda sobre: la concentración de materia seca, proteína y grasa de las piezas principales de la canal (pechuga, pierna + muslo). Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento. En el análisis estadístico para las tres variables (MS, PC, G) no se encontró diferencia entre los tratamientos respecto a la materia seca en las partes principales de la canal, sin embargo para proteína y grasa se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) donde el mejor tratamiento resultó ser la adición de 2 ppm de ácidos fúlvicos en el agua de bebida de los pollos de engorda, ya que en ambos casos se obtuvo la más alta concentración de proteína en combinación con la más baja concentración de grasa. Se concluye que la adición de ácidos fúlvicos en el agua de bebida si mejora la concentración de proteínas y disminuye la grasa (González, 2013).

Tinajero *et al.* (2015) observaron la efectividad de un ácido fúlvico de leonardita, en la calidad de camarón de granja, se construyeron tres estanques de 100 m de largo, 10 m de ancho y 2 m de alto; en uno se aplicaron 1.5 ml L⁻¹ de agua de mar de ácidos fúlvicos de leonardita (AF 1.5 L), en otro 3 ml L⁻¹ de agua (AF 3 L) y el tercero como testigo (solo con agua de mar) (TA). Los tratamientos, fueron para 1000 m³ de agua de mar con 8,000 larvas de camarón. A través de las muestras del suelo de los estanques, colectadas antes de aplicar los tratamientos y al final del experimento, determinaron: textura, densidad aparente (Da), materia orgánica (MO), carbonatos totales (CO₃), conductividad eléctrica (CE), pH, calcio (Ca⁺⁺), magnesio (Mg⁺⁺), sodio (Na⁺), potasio (K⁺), bicarbonatos (HCO₃⁻), sulfatos (SO₄⁼), cloruros (Cl⁻) y la razón de absorción de sodio (RAS). Al agua se le midió pH, CE, Na, Ca, Mg, Fe y K. Al camarón se le midió el peso (PC), longitud total (LT), longitud de la cabeza (LC), nitrógeno total (NT), proteínas (P) y el color. Encontró que la textura dominante del suelo es arenosa y franca, la Da es alta, los contenidos de MO muy bajos, dominaron los sulfatos sobre los carbonatos, los bicarbonatos y los cloruros. La CE del suelo, varió de 2.87 a 4.22. El Ca⁺⁺, el Na⁺ y el K⁺ disminuyeron, mientras que el Mg⁺⁺ permaneció constante. El contenido de Na en el agua, disminuyó con AF 1.5L. El color del camarón fue gris más oscuro y el PC, la LT y la LC sobrepasaron en 14, 10 y 6 %, respectivamente al TA; mientras que en el contenido de nitrógeno y proteínas no lo efectuaron.

Ácidos Fúlvicos en la Alimentación de aves

Rodríguez *et al.* (2017). Evaluaron la adición de ácidos fúlvicos en la alimentación de pollos de engorda, el efecto sobre la conversión alimenticia y calidad de la canal. Bajo la dosis de 0.2% de ácidos fulvicos adicionados a la dieta de finalización de pollos de engorda y se comparó con la misma dieta sin ácidos fulvicos. Algún parámetro fue como; Consumo de materia seca,

conversión alimenticia, ganancia de peso, rendimiento en canal, porcentaje de proteína y grasa en pechuga y en pierna + muslo. Los resultados fueron; la adición de 0.2% de ácidos fulvicos en la dieta de los pollos, mejora el consumo de materia seca, aumenta la conversión alimenticia y el rendimiento en canal. También, aumenta el porcentaje de proteína y disminuye el contenido de grasa.

Popocatl *et al.* (2013) Evaluaron los factores asociados al comportamiento productivo de pollos de engorda, de la línea Ross-Ross, mediante el uso de ácidos fúlvicos en agua de bebida, a la cual se le adicionaron 0, 2, 4 y 6 ppm de un ácido fúlvico extraído de leonardita (mineral fósil del carbono). La investigación fue dividida en dos etapas: iniciación (11- 25 días) y finalización de (26-43) días. Federico *et al.* (2015) determinaron la recopilación de artículos para la actualización, y al demostrar la eficacia de la utilización de ácidos orgánicos (OA) como aditivos en la nutrición de gallinas de postura comercial, con diferentes experimentos que se llevaron a cabo. Los beneficios que hallaron al utilizarlos en la producción animal, son variados: combatir el stress por calor, ser una alternativa para los antibióticos promotores de crecimiento, mejorar los parámetros de calidad del huevo (índice de yema, índice de albumen, dureza de la cáscara y resistencia a la rotura de la cáscara), disminuir la carga microbiana (específicamente de Salmonella) tanto en alimentos para consumo humano como en la alimentación animal y la acidificación del medio intestinal para mejorar la absorción de nutrientes más la sinergia con probióticos, entre otras diversas funciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la caseta avícola ubicada en la Unidad Metabólica del Departamento de Nutrición Animal en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas 25° 21' 00" Latitud norte y 101° 02' 00" Latitud Oeste y a una altura de 1776 msnm. El clima es reportado por García (1987) como BShwx (e), que se refiere a un clima muy seco a semicálido, con invierno seco extremo y temperaturas medias anuales entre 12 y 18 °C. El período de lluvias es escaso durante todo el año, con una precipitación media anual de 298.5mm.

Animales y su Manejo

Se utilizaron 180 pollos de un día de edad, sexados machos, de la línea comercial Ross-Ross. Con la finalidad de evitar el desarrollo de enfermedades se dio parte a la desinfección de la caseta avícola y de la criadora, así como los materiales que se utilizaron (Comederos y bebederos).

Los comederos que se utilizaron durante la primera semana de la investigación fueron de tipo lineal, de material de aluminio con una capacidad de 2 kg de alimento. Los bebederos empleados fueron de material de plástico, manuales y con capacidad de 1 litro.

A partir de la segunda semana y hasta el final de la investigación se utilizaron bebederos de plástico, manuales y con capacidad de 2 litros, mientras que los comederos de tipo lineal se utilizaron por una semana más, para después ser

cambiados por comederos cilíndricos elaborados de aluminio con capacidad de 8 Kg.

Para la determinación del peso de los animales y del alimento ofrecido se manejó con una báscula de tipo reloj con una capacidad de 10 Kg. Para la elaboración de la dieta ofrecida se manipulo con una báscula con más capacidad, así como una mezcladora de motor eléctrico con capacidad de 100 kg para su preparación.

Para el monitoreo del peso al sacrificio se utilizó una báscula digital con capacidad de 10 kg y 0.01 kg de precisión, esta parte de la investigación consistió en evaluar la canal (pechuga y pierna + muslo) para ello se tomarán 3 pollos de cada tratamiento con 3 repeticiones por tratamiento.

A la sexta semanas de edad, se tomaron 3 pollos de cada una de las repeticiones por tratamiento, estos se pesaron de manera individual para registrar el peso vivo y posteriormente se sacrificaron. Se prosiguió con el paso de presentarlos en canal, para después ser separada en piezas principales, siendo estas: pechuga y pierna más muslo, las cuales fueron pesadas de forma individual y posteriormente se hizo el análisis proximal para determinar materia seca, proteína y grasa.



Figura 3. Extracción de PC por el método de Kjeldahl.



Figura 4. Muestra de la canal de pollo que se utilizaron.



Figura 5. Determinación de cenizas.



Figura 6. Determinación de grasa por el método de soxhlet.

Alimentación

La etapa de producción duro 42 días, la cual se dividió en dos fases: iniciación (1 a 21 días) y finalización (del día 22 al día 42).

Las dietas se elaboraron a partir de maíz, soya y melaza + TMVIT-AA-MIN POLLO I y TMVIT-AA-MIN POLLO II (cuadro 2 y 3.), la mezcla de estas se hizo con la mezcladora ubicada en la Unidad Metabólica, misma donde se adjuntó las dosis de 0, 0.1, 0.2, 0.3, y 0.4% de ácidos fúlvicos.

Cuadro 2. Composición de la dieta experimental en etapa de iniciación.

Ingredientes	Costo/kg	% en dieta
Maíz	5.20	39.415
Soya	7.00	44.159
Melaza	1.80	5.000
Aceite	15.00	3.881
Vitamina I	17.68	4.000
Pixafil	49.65	0.120
Metionina	56.30	0.157
CaCo3	1.00	1.738
Ca (H2PO4)2	9.67	1.030
NaCl	1.20	0.500
Costo total por kilogramo= 6.79095		

Cuadro 3. Composición de la dieta experimental en etapa de finalización.

Ingredientes	Costo/kg	% en dieta
Maiz	5.20	48.540
Soya	7.00	35.580
Melaza	1.80	5.000
Aceite	15.00	3.560
Vitamina I	17.68	4.000
Pixafil	49.65	0.120
Metionina	56.30	0.420
CaCo3	1.00	1.740
Ca (H2PO4)2	9.67	0.540
NaCl	1.20	0.500
Costo total por kilogramo= 6.71583		

Variables a Evaluar

Las variables estudiadas fueron la concentración de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y grasa (G) en las piezas principales: pechuga, y pierna más muslo. Estas variables fueron analizadas en el laboratorio de nutrición animal por medio de la metodología A.O.A.C (1980).

Análisis Estadístico

En el análisis estadístico se empleó un diseño completamente al azar, por la opción GENERAL LINEAL MODEL (GLM) en el programa SAS 9.4 (2014) para la plataforma de Windows. Fuentes de variación del modelo fueron, calidad de la canal (%PCPe, %GCPe, %PCPi+Mu Y %GCPi+Mu) contando con 5 tratamientos y 3 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados sobre las variables del comportamiento en canal (Cuadro 4) mostraron que para la variable PCPe se obtuvieron efectos significativos ($P < 0.05$) con valores más altos en los tratamientos con dosis de 0.1 y 0.2% de AF, con una media igual para ambos de 27.8% a diferencia de los demás tratamientos, por otra parte, la adición de 0.4% de AF presentó la media con el valor más bajo en PCPe (25.2%).

Cuadro 4. Comportamiento en canal de pollos de engorda, suplementados con ácidos fúlvicos en la dieta.

Variables	ADICIÓN DE ÁCIDOS FÚLVICOS (%)					ECM
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	
	Comportamiento en Canal					
PCPe (%)	25.5 ^{CB}	27.8 ^A	27.8 ^A	27.0 ^{AB}	25.2 ^C	0.394
GCPe (%)	2.0 ^C	1.6 ^B	1.1 ^A	1.0 ^A	1.1 ^A	0.011
PCPi+Mu (%)	22.4	22.6	22.7	22.9	22.2	0.428
GCPI+Mu (%)	2.6 ^C	2.6 ^C	1.9 ^B	2.2 ^{CB}	1.4 ^A	0.022

Con respecto a los valores elevados de proteína que contiene la carne de pollo, es importante resaltar la importancia del consumo de carnes blancas, como lo menciona Sigler *et al.* (2015) ya que la carne de pollo es uno de los alimentos más sanos por sus altos contenidos de proteína, Asimismo presenta un costo relativamente bajo comparado con los demás cárnicos de mayor consumo como es la carne de res y la de cerdo. Al respecto la FAO (2013), menciona que la carne de pollo no solo proporciona una alta fuente de proteína barata y rica en aminoácidos esenciales como es el Ácido fólico, lisina y niacina entre otros, sino que también contiene vitaminas como B₁₂ y vitamina K, los cuales contribuyen a un mejor desarrollo del cuerpo humano. Por ello, los datos observados en la presente investigación, resultan interesantes dada la importancia de la buena calidad en la canal de los pollos, al incrementar el

contenido de proteína y disminuir el de grasa por efecto de la adición de los AF a la dieta de los pollos de engorda, mostrando que al adicionar 0.2% de AF se obtienen mejores niveles de proteína como lo difunde Abdel (2012) el cual observo efectos significativos ($P < 0.05$) al adicionar SH a la dieta de codornices en dosis de 10, 20 y 30 ml/kg dando como resultado un incremento de la PC en la pechuga. Por otra parte, Ozturk *et al.* (2010) mencionan que al adicionar 150, 300 y 450 ppm de SH, sobre el agua de bebida de los pollos de engorda no se muestran efectos ($P > 0.05$) sobre el incremento de PC en la pechuga, de igual manera Ozturk *et al.* (2012) reportan en su investigación efectos negativos ($P > 0.05$) al adicionar dosis de 0.5, 1 y 1.5 g/Kg de SH sobre la dieta, en pollos de engorda obteniendo como resultado una tendencia a disminuir el porcentaje de PC en la pechuga al adicionar los niveles de SH antes mencionados.

En relación a la variable GCPe, ésta también mostró resultados significativos ($P < 0.05$) siendo las dosis 0.2, 0.3 y 0.4% iguales entre sí, pero diferentes de 0.0 y 0.1% de AF con una media de 1.1% de GCPe que a diferencia del tratamiento control (2.0%), disminuyó un 45% de GCPe. La disminución de la grasa en las principales piezas de los pollos de engorda, pechuga y pierna+muslo, obtienen un valor más alto ya que a su consumo se le atribuye una mejoría en la salud, mientras que carnes con elevados niveles de grasa resultan en un efecto contrario, como lo menciona la FAO (2013) que al consumir grandes cantidades de grasa (más de 500 g/semana) puede ser nocivo para la salud, también menciona que la carne de pollo no contiene grasas trans uno de los posibles factores causantes de enfermedades coronarias. De igual manera Martínez y Mora (2010) explican que al consumir carne de pollo obtienen una mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y una reducción al contenido de grasas saturadas las cuales están asociadas a las enfermedades cardiovasculares. Haciendo hincapié a los datos obtenidos en el presente estudio, se mostró que al adicionar AF en la dieta se obtiene una tendencia a reducir los niveles de grasa como lo menciona Wang *et al.* (2008), donde encontraron efectos ($P < 0.05$) para la producción de cerdos, observando que al

suministrar dosis de 5 y 10% de SH, decrecían los niveles de grasa, en comparación con el testigo (0% de SH).

Para la variable PCPi+Mu no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en comparación con los diferentes tratamientos, presentando una media entre resultados de 22.56% de PCPi+Mu (Figura 4.6). Comparando los resultados obtenidos de la presente investigación, estos concuerdan a los encontrados por [Ozturk et al. \(2010\)](#), los cuales mencionan que al adicionar 150, 300 y 450 ppm de SH, sobre el agua de bebida de los pollos de engorda no muestran efectos ($P>0.05$) sobre el incremento de PC en el muslo, del mismo modo [Nagaraju et al. \(2014\)](#) demuestran que al adicionar 0.05, 0.075 y 0.1% de AH no obtuvieron efectos significativos ($P>0.05$), para un mejor aprovechamiento de la PC en el metabolismo de los pollos de engorda.

Al igual que en el presente trabajo, [Mišta et al. \(2012\)](#) no muestran efectos significativos ($P<0.05$) con una tendencia ligeramente decreciente en cuanto al contenido de PC en la carne de conejo, para la dosis de 10% de AH obteniendo una media de $24.68 \pm 0.48\%$ en comparación con el testigo el cual obtuvo una media de $25.06 \pm 0.72\%$. Por otra parte [Ozturk et al. \(2012\)](#) reportan en su investigación efectos significativos ($P<0.05$) con un incremento sobre la PC en la canal para la pieza muslo, adicionando 1.5 g/Kg de SH sobre el alimento, asimismo obteniendo una media de 17.59% de PC siendo ésta la más alta en comparación con el resto de los tratamientos.

Por otro lado, para la variable GCPi+Mu, se encontraron resultados significativos ($P<0.05$) siendo la dosis de 0.4% de AF con una media de 1.4% de GC, la más baja a diferencia de los demás tratamientos, en cuanto a la adición de 0 y 0.1% de AF presentaron los valores más altos con una media de 2.6% de GC (Figura 4.7). Los resultados observados en el presente estudio concuerdan a los encontrados por [Wang et al. \(2008\)](#) quienes encontraron

efectos significativos ($P < 0.05$) para la producción de cerdos, observando que al suministrar dosis de 5 y 10% de SH, decrecían los niveles de grasa dorsal, en comparación con el testigo (0% de SH), algo semejante fue observado por [Bai et al. \(2013\)](#) y [Chang et al. \(2014\)](#) quienes mostraron efectos ($P < 0.05$) al utilizar dosis de 0.1, 0.2, 0.4, y 0.6% de AF obteniendo niveles más bajos para la grasa dorsal en cerdos, a diferencia del testigo (0% de AF) también se dedujo que al aumentar más las dosis (0.8% de AF) se volvía a incrementar los niveles de grasa, por otra parte [Abdel \(2012\)](#) también obtuvo resultados ($P < 0.05$) al adherir SH a la dieta de codornices japonesas encontró una disminución de la grasa de la canal, con dosis de 10, 20 y 30 ml/kg de SH, a diferencia del testigo (0 ml/Kg de SH),

Por otra parte los datos encontrados en el presente trabajo no concuerdan con los reportados por [Nagaraju et al. \(2014\)](#) donde observaron que al añadir cantidades de AH en dosis de 0.05, 0.075 y 0.1% no influye ($P < 0.05$) sobre la grasa abdominal de los pollos de engorda, en los diferentes niveles de AH adicionados en la dieta. Asimismo [kocabağlı et al. \(2002\)](#), muestran efectos ($P > 0.05$) donde la suministrando de cantidades de SH en dosis de 2.5 Kg/ton de alimento no afecta la grasa abdominal de los pollos de engorda. Los resultados obtenidos en esta investigación, sobre el comportamiento en canal probablemente se deban, según [Ozturk et al. \(2010\)](#), a que las sustancias húmicas deprimen la ingesta de alimento, a menor cantidad de energía metabolizable y proteína ingerida, menor cantidad de energía es producida y asimismo acumulada sobre la canal. Por otra parte [Chang et al. \(2014\)](#), concluyen que la suplementación con AF en la dieta, disminuye el espesor de grasa dorsal de los cerdos en la etapa de finalización, y que esta reducción está relacionada con los AF como responsables del aumento de la actividad de la lipasa sensible a hormonas (HSL) y la disminución de la actividad de la lipoproteína lipasa (LPL) en el tejido adiposo. Al respecto, [Wang et al. \(2008\)](#), mencionan que las sustancias húmicas podrían influir sobre la distribución de lípidos y proteínas. Finalmente, los

resultados inconsistentes observados entre los diferentes estudios pueden atribuirse principalmente al tipo de SH (AH, AF, HUMATOS) utilizadas en cada investigación, así como los diferentes niveles de adición, especies, edades, sexo, dieta establecida y duración de la suplementación.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados observados en la presente investigación, la cual se realizó para determinar el comportamiento en canal, suplementando la dieta de los pollos de engorda con diferentes niveles de ácidos fúlvicos, se concluye que la adición del 2% de AF obtuvo mejor respuesta a diferencia de los demás tratamientos, ya que se observaron mejores niveles de proteína y una reducción de grasa en las principales piezas de la canal.

Por otra parte, los AF como se ha mostrado en este estudio puede ser una nueva alternativa como aditivo orgánico, que puede sustituir a los fármacos como promotores de crecimiento, asimismo obteniendo una mejor calidad para el consumidor y a la vez la reducción de los costos de producción en base a la nutrición.

LITERATURA CITADA

- Rosa Angélica (2013) Perspectivas sobre el uso de sustancias húmicas en la producción aviar Perspectivas sobre o uso de sustancias húmicas na avicultura
- Bai, H.X., Chang, Q.F., Shi, B.M. and Shann, A.S. (2013) Effects of fulvic acid on growth performance and meat quality in growing-finishing pigs. *Livestock Science* 158 118–123.
- Cárdenas Daniel. (2013) Uso de los ácidos fúlvicos y húmicos. Artículo de salud.
- Gómez, Federico (2015) Ácidos orgánicos en la dieta de gallinas de postura Yara nutrición animal.
- González (2013) efecto de la adición de ácidos fúlvicos, uaaan.
- Humitech, (2010). Humate de potasio líquido. Humicsubstances based products, sector industrial.
- Humitech, 2015. Los ácidos fúlvicos en la crianza de animales humicsubstances based products, sector ganadería.
- Li, shizhan. (2015) Propiedades de los ácidos fúlvicos y húmicos. Revista indigo hiervas.
- Nutrimail. (2014) El ácido fúlvicos afecta el crecimiento y calidad de la carne en cerdos en crecimiento y acabado. Nutrimail comunidad profesional porcina.
- Plazas, Rosa Angélica. (2014) Perspectivas sobre el uso de sustancias húmicas y en la producción aviar. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia universidad cooperativa de Colombia.
- Payer Antoni. (2012). Ácidos húmicos y fúlvicos. Escuela de bonsái.

- Sanmiguel. (2014). Adición de ácidos fúlvicos a la dieta de aves reproductoras
- Sanmiguel, P., Rosa, A; Aguirre, P., Wilson, J; Rondón, B., lang, S., (2014) Perspectivas sobre el uso de las sustancias húmicas en la producción aviar CES Medicina Veterinaria & Zootecnia. Vol. 9 Issue 1, p104-113. 10 p.
- Garcia Martinez, Eduardo., (2018) Adición de ácidos fúlvicos a la dieta de aves reproductoras y su efecto en la calidad de huevo.
- Rodríguez H., Garcia, M., (2017) Suplementación de Ácidos Fúlvicos en la Alimentación de Pollos de Engorda. Tesis de zootecnia.
- Popocatl, P., Garcia, M., (2013) Evaluacion del Comportamiento Productivo del Pollo de Engorda, utilizando Ácidos Fulvicos. Tesis de zootecnia., Buenavista saltillo coah. Mexico uaaan.
- Federico Gomez, Gerente Cono Sur Yara., (2015) Ácidos orgánicos en dietas de gallina de postura. Nutrición Animal.
- Rosa., A., Sanmiguel., P., Wilson., J., Aguirre P., Schroniltgen, R., (2013) Perspectivas sobre el uso de sustancias húmicas en la producción aviar Perspectivas sobre o uso de sustancias húmicas na avicultura.
- Abdel M. A. 2012. Effect of dietary humic substances supplementation on performance and immunity of japanese quail. Egypt. Poult. Sci. Vol (32) (III): (645-660).
- AIKEN, G. R., McKNIGHT, D. M., WERSHAW, R. L., MacCARTHY, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. pp. 1-9. In Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation and characterization. G. R. Aiken *et al.* (ed.). Wiley-Interscience, New York.
- Bai, H. X., Q. F. Chang, B. M. Shi, y A. S. Shan. 2013. Effects of fulvic acid on growth performance and meat quality in growing-finishing pigs. Livest. Sci. 158:118–123.
- Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P. y Piccolo A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. Elsevier B.V. G Model Horti-6040; No. of Pages 13.
- Campos, A., S. Salguero, L. Albino y H. Rostagno. 2008. Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde: Proteína Ideal. Congreso de Colegio Latino-Americano de Nutricio Animal. Cancún, México.

- Cancho B., M.S. García. Y J. Silma. 2000. el uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual the use of antibiotics in animal feeds: an actual perspective o uso dos antibióticos na alimentação animal: perspectiva actual, Volumen 3 Numero 1, 39-47.
- Chang Q., Z. Lu, M. He, R. Gao, H. Bai, B. Shi and A. Shan. 2014 Effects of dietary supplementation of fulvic acid on lipid metabolism of finishing pigs. Institute of Animal Nutrition, Northeast Agricultural University. Journal of animal science. vol. 92 no. 11. 4921-4926pp.
- Church D.C., W.G. Pond. Y K.R. pond. Fundamentos de nutrición y alimentación de animals. Balderas 95, México, D.F. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 2010.
- Carro M. D. y M. J. Ranilla. 2002. Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativas. Departamento de Producción Animal I, Universidad de León, España.
- Carpena O. (1969). Estado actual de la química de las sustancias húmicas.
- Dhanapal S. y Sekar D. 2013. Humic acids and its role in plant tissue culture at low nutrient level. Journal of Academia and Industrial Research (JAIR). Volume 2, ISSN: 2278-5213.
- Fassbender H.W. Química de suelos. Con énfasis en suelos de américa Latina. Instituto interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. Editorial IICA, primera edición. 1975.
- FND, 2014. Financiera nacional de desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información. Panorama de productos de ave.
- Gómez R.S., A. Cortés., C. López. Y E. Avila. 2011. Evaluation of three feeding programs for broilers based on sorghum–soybean diets with different protein percentages. Vet. Méx vol.42 no.4. ISSN 0301-5092.
- Islam K.M.S., A. Schuhmacher y J.M. Gropp. 2005. Humic Acid Substances in Animal Agriculture. Pakistan Journal of Nutrition 4 (3): 126-134, ISSN 1680-5194.
- Kocabagli N., M. Alp, N. Acar, R. Kahraman. 2002. The effects of dietary humate supplementation on broiler growth and carcass yield. Poult. Sci. 81: 227–230.
- Kononova, M.M. 1966. Soil Organic Matter. Pergamon Press. Elmsfort, NY.

- Kucukersan S., A. Kucukersan, I. Colpan, E. Goncuoglu, Z. Reisli y D. Yesilbag. 2005. The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Vet. Med. – Czech*, 50, (9): 406–410.
- Kunavue N. Y T. F. Lien. 2012. Effects of Fulvic Acid and Probiotic on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Parameters and Immunity of Pigs. *J Anim Sci Adv*. 2(8): 711-721. ISSN: 2251-7219.
- McDonald P., R.A. Edwards., J.F.D Greenhalgh. Y C.A. Morgan. *Nutrición animal*. Quinta edición. Zaragoza España. Editorial Acribia, S.A. 1993.
- McDonald P., R.A. Edwards., J.F.D Greenhalgh. Y C.A. Morgan. *Nutrición animal*. Sexta edición. Zaragoza España. Editorial Acribia, S.A. 2006.
- McMurphy G., C. Duffa, M. A. Harrisa, S. R. Sandersa, N. K. Chiraseb, C. R. Bailey y R. M. Ibrahima. 2009. Effect of Humic/Fulvic Acid in Beef Cattle Finishing Diets on Animal Performance, Ruminal Ammonia and Serum Urea Nitrogen Concentration. *Journal of Applied Animal Research*. Volumen 35. 97-100 pp.
- Méndez E.M., Havel J. Y Patocka J. 2005. Humic substances-compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. *Journal of applied biomedicine* 3: 13-24, ISSN 1214-0287.
- Mora, I. 2008. *Nutrición animal*. Editorial universal estatal a distancia San José Costa Rica.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients Requirements of Poultry*. 9th. ed. National Academic Press, Washington D.C.: 155p, 1994.
- OECD/FAO (2014), *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2014*, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es.
- Ozturk E. y Coskun L. 2006. Effects of humic acids on broiler performance and digestive tract traits. *Book of Abstracts of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*; Antalya, Turkey. P 301.
- Ozturk E., Ocak N., Coskun I., Turhan S. y Erener G. 2010. Effects of humic substances supplementation provided through drinking water on performance, carcass traits and meat quality of broilers. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 94:78–85.
- Ozturk E., Ocak N., Turan A., Erener G., Altop A. y Cankaya S. 2012. Performance, carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits, and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances. *J Sci Food Agric*. ;92:59–65.

- Peña E.M., J. Havel y J. Patocka. 2005. Humic substance-compound of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. *Journal of applied biomedicine*. 3: 13-24. ISSN 1214-0287.
- Pesti G. 2009. Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. Department of Poultry Science. The University of Georgia, Athens 30602-2772.
- SAGARPA. 2009. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México. Boletín electrónico. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia>.
- SAGARPA. 2012. Aumentó 89.5% el consumo de carne por persona en México en dos décadas. Unidad de comunicación social delegación Jalisco. Boletín de prensa.
- Salvador E. Y V. Guevara. 2013. Desarrollo y validación de un modelo de predicción del requerimiento óptimo de aminoácidos esenciales y del comportamiento productivo en ponedoras comerciales. *Rev Inv. Vet. Perú*, 24(3): 264-276
- Santiago, R. Cortes, A. López, C. y Ávila, E. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sanmiguel R.A. Y I. S. Rondon. 2014. Supplementation with humic substances in laying hens during molt. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, vol. 9, núm. 2, pp. 169-178.
- Senesi N., T.M. Miano, M.R. Provenzano, G. Brunetti. 1991. Characterization, differentiation, and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy. *Soil Sci*. 152: 259. 271.
- Shimada, A. nutrición animal. Editorial Trillas 2ª. Ed. México. 2009. Stevenson, F. J. 1982. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons. Inc. New York, USA.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. 2nd. ed. John Wiley & Sons. Inc. New York, USA.

- Rostagno, H. S., Albino, L.F.T., Donzeles, J.L., *et.al.* 2011. Tablas Brasileñas para Aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 3a ed. Vicosa. MG, Brasil. 259p.
- López R., G. González., R.E. Vázquez., E. Sáenz., J.A. Vidales., R. Carranza y M. Ortega. 2014. Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 8. pp. 1397-1407.
- Thurman E.M. 1985. Organic geochemistry of natural waters. Editado por M. Nijhoff. Dr W.Junk Publishers, Dordrecht, Holanda. 516 páginas.
- Trckova M., L. Matlova, H. Hudcova, M. Faldyna, Z. Zraly, L. Dvorska, V. Beran Y I. Pavlik. 2005. Peat as a feed supplement for animals: a review. Vet. Med. – Czech, 50, 361–377.
- Troncoso H. 2015. El uso de aditivos en la alimentación de bovinos. Depto. de Nutrición Animal y Bioquímica, FMVZ, UNAM. Entorno Ganadero N° 46, BM Editores.
- Zhang H. J., J. L. Wang, S.G. Wu , H. Y. Yue, G. H. Qi, C. Y. We Y C. Q. Yu. 2015. Effects of fulvic acid on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences.