



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTO DE LOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO NO
ANTIBIÓTICOS ADMINISTRADOS EN DIETAS PARA POLLOS DE
ENGORDA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS;
RENDIMIENTO DE LA CANAL Y PIGMENTACIÓN DE LA PIEL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

JESSICA PATRICIA REYES CAMACHO

Asesores:

MVZ, MC. Jorge Miguel Iriarte

Dr. Arturo Cortés Cuevas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por haberme permitido llegar a esta parte tan importante de mi vida.

A mis padres; Pedro y Patty, que me han apoyado durante toda mi vida; que me han enseñado lo que es el amor y me han dado el ejemplo de luchar cada día por mis sueños, con esfuerzo y perseverancia.

A mi hermano Pedro por siempre cuidarme, ser un ejemplo a seguir y por el apoyo moral que me ha brindado en todos estos años.

A mi hermana Laura por escucharme, aconsejarme y por estar siempre presente; acompañándome en cada etapa de mi vida.

A mis abuelos por ser las mejores personas que conozco y darme su ejemplo.

A mi tío Gabriel por alentarme y motivarme para seguir adelante y ser mejor.

A mi cuñada Laura y a mis sobinas Fátima y Lucía, por ser la alegría en mi vida.

A mi mejor amiga Clodine por ser mi cómplice y acompañarme en cada etapa de mi vida, te adoro amiga.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a toda mi familia y amigos, porque con sus oraciones, consejos y palabras hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Los amo de aquí al cielo y de regreso.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México por toda la educación y el conocimiento que me ha brindado a lo largo de mi vida estudiantil.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por darme las herramientas necesarias para poder desarrollarme en mi vida profesional.

Al CEIEPAv por permitirme llevar a cabo mi servicio social y mi proyecto de tesis, con la mejor disposición y apoyo de todos sus integrantes; trabajadores y académicos. Agradezco infinitamente las enseñanzas, las experiencias y las personas que conocí.

Al doctor Ernesto Ávila por el apoyo y el ejemplo que representa para mí.

A la empresa MaltaCleyton, en especial al doctor Manuel Ornelas Roa por el apoyo en la realización del presente trabajo.

A mi asesor el doctor Jorge quien me apoyó en todo momento, que siempre estuvo dispuesto a resolverme dudas, darme consejos y enseñarme de la avicultura. También agradezco por la confianza para llevar a cabo la realización del proyecto.

A mi asesor el doctor Arturo por todo el apoyo y la motivación que me brindó durante la elaboración de la presente tesis.

A los miembros del jurado, por el tiempo y disposición que tuvieron para aportar mejoras y evaluar la presente tesis.

A la doctora Pilar por las facilidades que me brindó durante el desarrollo del proyecto, gracias por todas las enseñanzas.

A todos los académicos del CEIEPAv: La doctora Elizabeth, el doctor Ezequiel, la doctora Analía, la doctora Alma, la doctora Montserrat, la doctora Karina y el doctor Osiris, por todos los consejos y momentos que compartimos, representan para mí un ejemplo a seguir.

A los estudiantes y servicios sociales que me ayudaron durante la crianza de la parvada, agradezco su ayuda y buena disposición en todo momento.

CONTENIDO

Páginas

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
RESULTADOS.....	31
DISCUSIÓN	32
REFERENCIAS	40
ANEXOS.....	49
Cuadros	49
Figuras	54

ABREVIATURAS

CEIEPAv	Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola.
PIB	Producto Interno Bruto.
TGI	Tracto Gastrointestinal.
PCA	Promotor de crecimiento antibiótico.
CMI	Concentración mínima inhibitoria.
CMB	Concentración mínima bactericida.
UE	Unión Europea.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
OIE	Organización Mundial de Sanidad Animal.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
RAM	Resistencia a los Antimicrobianos.
ADN	Ácido desoxirribonucleico.
EN	Enteritis necrótica.
FDA	Food and Drug Administration.
AO	Ácidos orgánicos.
BTU	British Thermal Unit.
ARN	Ácido ribonucleico.

RESUMEN

REYES CAMACHO JESSICA PATRICIA. Efecto de los promotores del crecimiento no antibióticos administrados en dietas para pollos de engorda sobre los parámetros productivos; rendimiento de la canal y pigmentación de la piel (bajo la dirección de: MVZ, MC. Jorge Miguel Iriarte y MVZ, Dr. Arturo Cortés Cuevas)

Se evaluó el uso de mezclas de fitogénicos y ácidos orgánicos como promotores del crecimiento no antibióticos sobre los parámetros productivos, rendimiento de la canal y pigmentación de la piel. Se utilizaron 500 pollos mixtos de la estirpe Ross 308 de un día de edad, durante todo un ciclo productivo (49 días). Las aves fueron distribuidas en 5 tratamientos, cada uno conformado por 4 repeticiones con 25 aves cada uno. Cada tratamiento se alimentó con una dieta base y se les adicionó lo siguiente: T1) Sulfato de colistina 5ppm y bacitracina 22ppm, T2) extractos de; regaliz, lúpulo y goma arábiga 400 g/ton, T3) capsaicina, carvacrol y cinamaldehído 200 g/ton, T4) ácido cítrico, ácido sórbico, timol monoterpeno y vainillina 400 g/ton y T5) benzofenatridina y protropina 500 g/ton. Los resultados indicaron que el peso final, la ganancia de peso y la conversión alimenticia, fueron mayores en el tratamiento 4 ($P < 0.05$). Las variables de consumo de alimento y mortalidad, no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$). En la pigmentación en vivo, el tratamiento 3 fue superior a los demás ($P < 0.05$). La variable de rendimiento de la canal, no presentó diferencia estadística ($P > 0.05$) y en la pigmentación de la canal fría, el tratamiento 4, obtuvo los valores más altos ($P < 0.05$). Se puede concluir que la mezcla de ácidos orgánicos (ácido cítrico y el ácido sórbico) y aditivos fitogénicos (timol y vainillina), son una alternativa al empleo de antibióticos promotores del crecimiento (Colistina y Bacitracina) en dietas maíz- sorgo- pasta de soya para pollos de engorda, con resultados superiores.

INTRODUCCIÓN

Situación actual de la avicultura

La avicultura en México, ocupa un papel de gran importancia en la economía del país. En el año 2018 la participación en el Producto Interno Bruto (PIB) total fue de un 0.89%, mientras la participación en el PIB pecuario fue de un 36.6 %, una tercera parte del PIB total (1).

En la producción nacional pecuaria, la avicultura es la industria que genera la mayor cantidad de proteína de origen animal, contribuye con un 56 %. Este valor, está conformado por el aporte que genera la carne de pollo (39%), el huevo (17%) y el pavo (menos del 1%) (1).

La parvada nacional avícola del año 2018, estuvo integrada por: 523 millones de aves, repartidas de la siguiente manera: 156.77 millones de gallinas ponedoras en producción, 303 millones pollos de engorda y 605 mil guajolotes al ciclo (1).

Se estima que 6 de cada 10 personas, incluyen en su dieta, alimento de origen avícola, como la carne de pollo, el huevo y pavo, por lo cual, es considerada como un soporte importante para la alimentación de los mexicanos (2).

La producción de proteína en el país por parte de la carne de pollo, contribuye con un 39%, lo cual es superior a la alcanzada por la carne de res y cerdo (16 % y 8 % respectivamente) (1).

En México el consumo per-cápita de carne es aproximadamente de 58 kg al año, de los cuales la carne de pollo y pavo representa el 51% (29.58 kg), un poco más de la mitad de la carne consumida en el país (1). En 2018 el consumo per-cápita anual de pollo fue de 28.42 kg por habitante (2).

Semanalmente en México se producen 34 millones de pollos, los cuales se comercializan de diferentes maneras, como: Vivo 37%, rostizado 37%, partes y productos de valor agregado 14%, mercado público 9% y supermercado 3%.

En el año 2018, México a nivel mundial se colocó en el sexto lugar como productor de carne de pollo. Se estima que se produjeron 3, 470 millones de toneladas, cuya producción a nivel nacional se distribuyó de la siguiente manera: Veracruz 12.9%, Aguascalientes 11%, Querétaro 10.8%, La Laguna 9.1%, Jalisco 7.3% y resto del país 48.8 % (1).

Nutrición y alimentación

Los costos considerados en la producción de pollo de engorda, correspondientes a la alimentación, son de gran importancia, ya que representan, aproximadamente, el 63 % de los costos totales (1).

Las dietas de los pollos de engorda se elaboran a partir de una mezcla de diversos ingredientes, la FAO incluye los siguientes: “Granos forrajeros, subproductos de cereales, grasas, fuentes de proteínas, suplementos de vitaminas y minerales, aminoácidos y aditivos (3).”

La avicultura en México, actualmente consume, 16.2 millones de toneladas de alimento balanceado (1). Los granos forrajeros como se mencionó anteriormente, son un insumo esencial para las dietas de los pollos de engorda, por ello es importante que los avicultores tengan acceso a granos de buena calidad con un precio accesible. (3).

A nivel nacional en el año 2018, para la elaboración de alimento, se utilizaron 10.2 millones de toneladas de granos forrajeros (maíz y sorgo) y 6 millones de toneladas de oleaginosas y otros insumos (1).

Los pollos de engorda, son los animales domésticos más eficientes (3). Poseen una conversión alimenticia de 1.9 (1). A pesar de su elevada eficiencia, no todos los nutrientes son utilizados, se estima que aproximadamente el 30% de la materia seca, el 25% de la energía bruta, el 50% de nitrógeno y el 55% de fósforo, se excretan en las heces (4).

Para optimizar la producción, las aves deben estar libres de enfermedades y contar con dietas adecuadas, que les permitan expresar al máximo su potencial genético (5). Con el fin de lograr esta meta, las dietas deben de estar formuladas y balanceadas, para satisfacer los requerimientos de proteínas, aminoácidos, energía, vitaminas, minerales y ácidos grasos esenciales, necesarios para las aves. La nutrición, es fundamental en la producción, ya que interviene en la rentabilidad y bienestar avícola (6).

Salud intestinal

El intestino es la superficie más extensa del organismo y está en contacto con una gran variedad de sustancias (7).

El intestino funciona, como una barrera selectiva entre los nutrientes y componentes nocivos (7). La salud intestinal, se refiere a la capacidad para mantener la homeostasis y las funciones fisiológicas, con el fin de resistir infecciones (8). Para conservar todo en condiciones normales y maximizar la adquisición de nutrientes, el intestino tiene una gran cantidad de interacciones físicas, químicas e inmunológicas (7).

Factores externos como la dieta y microorganismos patógenos, pueden afectar el equilibrio que existe en este órgano, en consecuencia, se produce una mala digestión y absorción de los nutrientes provenientes de la dieta. Este es uno de los motivos que afecta el rendimiento productivo del pollo (7).

Microbioma

La parte más expuesta del intestino, está formada por: Compuestos derivados de la ingesta, el microbioma junto con sus metabolitos (ácidos grasos de cadena corta) y la pared de la mucosa (8).

Antes de la eclosión, el tracto gastrointestinal (TGI) es estéril (9). Desde el primer contacto que tiene el ave con la dieta y el medio ambiente, el TGI es colonizado por diversos microorganismos (8). Durante la primera semana de vida los enterococos y lactobacilos son las especies que mayormente se presentan, se encuentran localizadas en el buche, duodeno, e íleon. Después de la segunda semana de vida, los lactobacilos son los microorganismos predominantes. En el caso del ciego, es colonizado por bacterias anaerobias (en su mayoría anaerobias obligadas) (9).

Los microorganismos que forman parte del microbioma intestinal se dividen en: Benéficos y patógenos. Los benéficos, se encargan de estimular el sistema inmune, e impiden la colonización de microorganismos que pueden ser dañinos para el ave, este mecanismo también es conocido como exclusión competitiva (7). También se encargan de aportar vitaminas K y B y ácidos grasos de cadena corta,

como: Acético, propiónico y butírico, los cuales se obtienen a partir de carbohidratos complejos (9,10). Estos beneficios que aporta la microbioma intestinal, también implican un desgaste para el organismo del ave, entre ellos se encuentran: Un recambio más rápido de las células epiteliales de absorción, el hospedador compite por los nutrientes de la dieta, aumenta la cantidad de moco producida por las células caliciformes, se secretan sustancias tóxicas y se induce una respuesta inflamatoria continua en el TGI (7, 9).

La microbioma que habita en el TGI, es una mezcla de bacterias, hongos y protozoarios (7), existen alrededor de 500 especies, donde las bacterias Gram positivas son los microorganismos con mayor población (9).

La población bacteriana, varía en todo el TGI (7) por diversos factores, los cuales ayudan al establecimiento de microbioma específico en cada sitio del intestino (8), como:

- La preferencia por cierto sustrato y los requerimientos de crecimiento de cada bacteria (7).
- La composición química del contenido gástrico (7).
- Los ingredientes que integran la dieta (7).
- Edad del ave (7).

La familia Lachnospiraceae y la bacteria *Faecalibacterium prausnitzii*, forman parte de la microbioma del TGI. Se caracterizan por la producción de ácidos grasos de cadena corta, principalmente de butírico, el cual es considerado el más importante para mantener la salud intestinal (10).

Los ácidos grasos de cadena corta, realizan las siguientes funciones: Colaboran para mantener la homeostasis intestinal, poseen actividad antimicrobiana, sirven como fuente de energía para el huésped, participan en la regulación de la expresión genética, inhiben la inflamación intestinal, mantienen la barrera intestinal y modulan la motilidad (8, 11).

Se ha demostrado que las bacterias comensales, tienen un papel importante en el desarrollo del sistema inmune (9). En el año de 1966, Gordon et al (12), realizaron una comparación entre animales criados de forma convencional y animales libres de microorganismos. Entre las observaciones que llevaron a cabo se encuentran:

El conteo de células de la sangre, el peso y porcentaje de materia seca de ciertos órganos (intestino delgado, intestino grueso, hígado, corazón, bazo, estomago, ciego laringe, riñones, testículos, adrenales, timo y músculo). Observaron que en los animales libres de microorganismos, el bazo y los órganos cercanos al TGI tenían un peso menor, comparados con los animales criados de forma convencional, y que los niveles de glóbulos blancos presentes en la sangre, eran menores lo cual atribuyeron a la baja estimulación antigénica. Los investigadores mencionaron, que en diversas especies criadas bajo condiciones libres de microorganismos han sido observadas, las siguientes condiciones; un bajo número de células inmunológicamente competentes en el bazo, niveles reducidos proteína plasmática y la ausencia de circulación de anticuerpos contra microorganismos intestinales.

Aditivos

Los aditivos son compuestos, comúnmente agregados al alimento en micro cantidades, los cuales no necesariamente aportan nutrientes (13, 14).

Se adicionan para mejorar algunas características, ya sea en el producto obtenido al final del ciclo, o para aportar algún beneficio a los animales, por ejemplo: características físicas del alimento, vida de anaquel, rendimiento productivo, bienestar, aceptación, ingestión, digestión, absorción y metabolismo (15).

Promotores del crecimiento

La producción pecuaria, en los últimos 50 años, ha tenido una serie de adelantos, en las áreas de manejo, genética, bioseguridad y nutrición. Sin embargo, por el aumento acelerado de la población y la demanda de alimentos de origen animal, se han encontrado alternativas, que ayudan a mejorar el ritmo de crecimiento y la eficiencia, para convertir el alimento en carne. Debido a esto, ha surgido la implementación de aditivos. Dentro de esta gran gama de ingredientes, se encuentran los promotores del crecimiento. Los más conocidos son los promotores del crecimiento antibióticos (16).

Los antibióticos, son sustancias químicas producidas por microorganismos, los cuales pueden ser obtenidos, de forma natural o sintética y poseen la capacidad de alterar las funciones de las bacterias (17).

Los antibióticos, además de ser utilizados para el tratamiento, control y prevención de enfermedades, en humanos y animales, también son administrados a dosis bajas, (dosis menores a la concentración mínima inhibitoria (CMI)) con el fin de mejorar el crecimiento y la conversión alimenticia de los animales (18).

La capacidad antimicrobiana, se cuantifica de acuerdo a su efectividad frente a una cepa bacteriana. Por lo tanto, definimos la CMI como: La concentración más baja de antibiótico capaz de impedir el crecimiento bacteriano. A diferencia de la concentración mínima bactericida (CMB) que es la concentración mínima de antibiótico capaz de matar a las bacterias (17).

La CMI altera cuestiones intrínsecas de las bacterias como el crecimiento, formación de proteínas y factores de virulencia. Esto afecta a la población bacteriana del TGI, por lo tanto, también cambian las concentraciones de metabolitos tóxicos, contribuye a la eliminación de infecciones subclínicas, altera la estructura y dimensiones del intestino e interviene en los mecanismos de defensa del huésped (7).

Las propiedades que poseen los promotores del crecimiento antibióticos (PCA), son conocidas a finales de 1940 (18, 19).

Stokstad y colaboradores, en 1949 realizaron un experimento, en el cual administraron los residuos de la fermentación de *Streptomyce aureofaciens*, en pequeñas dosis (20 g y 60 g/kg de dieta). Los autores concluyeron que con una dosis suficiente de vitamina B₁₂ (15 mcg/kg de alimento) y los residuos de la fermentación de la bacteria mencionada, los animales ganaron más peso, que los alimentados de forma convencional (20).

Los PCA deben poseer ciertas características:

- Tener un efecto favorable en los animales, al ser utilizado en dosis subterapéuticas, por lo tanto, debe estar sustentado con estudios previos (16).

- Evitar que generen efectos teratogénicos, cancerígenos, embriotóxicos, antigénicos y alergénicos, ya que representan un riesgo para la salud de los animales y humanos (16).
- No deben ser utilizados de forma terapéutica en medicina humana o animal (16).
- Deben ser eliminados de forma rápida, sin que el intestino los absorba y sin que se acumulen en los tejidos (16).
- El principio activo y sus metabolitos, no deben ser tóxicos (16).
- Deben ser estables, para evitar que pierdan eficacia durante periodos largos de almacenamiento y ser compatibles con los ingredientes que integran la dieta (16).

Los antibióticos utilizados como promotores del crecimiento, no se absorben a través del intestino, de modo que, el mecanismo para aumentar la eficiencia productiva de las aves, se enfoca en la interacción que hay entre el PCA y el microbioma intestinal (9). No se sabe con toda certeza como es que funcionan, sin embargo existen varias hipótesis sobre sus efectos y mecanismos de acción (21):

- Reducen el microbioma que habita en el tracto gastrointestinal (7), por lo tanto hay menor competencia por los nutrientes y es más baja la cantidad de metabolitos tóxicos que interfieren con el crecimiento del ave (9).
- Se encargan de reducir las infecciones subclínicas y a los patógenos oportunistas (7, 9).
- Disminuyen el tamaño de la pared intestinal y de las vellosidades de la lámina propia, lo cual mejora la digestión y absorción de los nutrientes (9) (7).
- Cambian la composición del microbioma, lo que disminuye la respuesta inflamatoria del intestino, e implica un menor gasto energético (21).

Resistencia bacteriana

La resistencia bacteriana, puede presentarse de forma natural, esta es propia de cada especie o familia de bacterias en cierto grupo de fármacos (22).

Es normal que el 2 % de la población bacteriana, en estado salvaje, sea resistente a cualquier tipo de antibiótico (23).

Utilizar PCA a dosis subterapéuticas y administrar constantemente el mismo principio activo, genera una selección del microbioma en el TGI (8). Los antibióticos administrados, impiden el crecimiento de microorganismos sensibles y permiten la proliferación de cepas resistentes (24).

Diversos antimicrobianos, utilizados para la alimentación de animales en producción, están relacionados con el tratamiento terapéutico en humanos (25). Cuentan con moléculas de estructura similar, o poseen el mismo mecanismo de acción (24). Esto puede llevar a la propagación de bacterias resistentes, o transferir genes de resistencia, entre los animales, el humano y el medio ambiente (24, 25).

El desarrollo de resistencia bacteriana, adquirida por el constante uso de antibióticos, se basa principalmente en estos mecanismos:

- Transmisión de genes de resistencia: Esta se realiza horizontalmente, por medio de la transferencia de material genético extra cromosómico (22).
- A través de las heces, las poblaciones bacterianas de animales y del medio ambiente, comparten plásmidos de resistencia a los antibióticos (26).
- Mutación bacteriana: Se refiere a un mecanismo que permite a las bacterias sobrevivir y diseminarse en el medio ambiente (27). Este tipo de resistencia, se trasmite de forma vertical, de generación en generación (22).

Los autores Starr y Reynolds en el año de 1951, realizaron uno de los primeros reportes, sobre la presencia de resistencia bacteriana, causada por la administración de antibióticos en el alimento de animales de producción. Dicho estudio, fue llevado a cabo en pavos (28).

Realizaron la comparación de un grupo control y un grupo experimental. Ambos grupos fueron alimentados con una dieta a base de soya. Al grupo experimental, le fue adicionado 50 mg de estreptomicina por 1 kg de alimento. De ambos grupos, se obtuvo el contenido intestinal de forma aséptica y se realizaron cultivos.

Se observó, que en el grupo control, la mayoría de los cultivos eran sensibles a dosis bajas de estreptomicina. El 74% de los cultivos, eran inhibidos por 10 µg/ml y el 86% con 30 µg/ml (28).

El grupo experimental, fue altamente resistente. El 66 % de los cultivos, requirió una concentración de 60,000 µg/ml de estreptomina para prevenir el crecimiento bacteriano (28).

Desde que los PCA fueron utilizados de forma indiscriminada, surgieron diversas críticas y preocupaciones acerca del tema. En el año 1969, un científico llamado Swan realizó un reporte al parlamento británico, donde alertaba sobre el riesgo, de la proliferación de bacterias resistentes en los animales y que estas pudieran pasar al ser humano (19).

En el año 2012 se publicó un estudio realizado de manera retrospectiva desde el año 1950 al 2002, donde se evaluaron aislamientos de *Escherichia coli*, y observaron los cambios en la resistencia bacteriana a los antimicrobianos durante este periodo. Se obtuvieron 1729 aislados de *E. coli*, de los cuales; 923 eran de humanos, 323 de bovinos, 285 de cerdos y 138 de pollos (29).

Se evaluó la susceptibilidad a 15 fármacos. Se observó un aumento en la resistencia a la ampicilina, sulfonamida y tetraciclina. El perfil de resistencia a la sulfonamida fue el fármaco más comúnmente encontrado.

En los aislados de los animales, se observó mayor resistencia a 11 de los 15 fármacos evaluados y el perfil de resistencia con mayor presentación fue a la tetraciclina (29).

La eliminación del uso del PCA en la unión europea se llevó a cabo en el año 2006, este acontecimiento sucedió de forma paulatina (19):

- En el año de 1986, Suecia fue el primer país en prohibir el uso de los PCA (19)
- En 1997, fue retirada la avoparcina como PCA (30).
- En 1999, fueron prohibidos para el uso en la alimentación animal: La virginamicina, espiramicina, tilosina fosfato, bacitracina zinc, carbadox y olanquindox (30).
- En el 2006, se eliminó el uso de todos los antibióticos como promotores de crecimiento en la UE (30).

La resistencia a los antibióticos, representa un problema para la salud de las personas y para la economía. Las infecciones causadas por microorganismos resistentes, reducen las opciones para tratar enfermedades, implican la necesidad

de más pruebas de diagnóstico, involucran enfermedades más prolongadas, estancias de mayor duración en el hospital y la utilización de fármacos más caros (31).

Las bacterias resistentes, son menos sensibles a los fármacos. La ausencia de fármacos eficaces, complica la condición de las personas sometidas a cirugías mayores, pacientes en tratamiento con quimioterapia, enfermos de tuberculosis, VIH y paludismo (31).

En el año 2015, se llevó a cabo la sexagésima octava Asamblea Mundial de la Salud, donde se aprobó un plan de acción mundial, para luchar contra la resistencia a los antimicrobianos. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), hicieron un llamado para implementar acciones locales, nacionales y globales, que contribuyan a minimizar los problemas de resistencia (31).

Con el fin de dar cumplimiento, a los compromisos hechos ante la OMS, para reducir al mínimo el uso de antimicrobianos, el gobierno de México, en el año 2018, publicó la Estrategia Nacional Contra la Resistencia a los Antimicrobianos. Se establecen las acciones para reducir y controlar la resistencia a los antimicrobianos (RAM), con el objetivo de proporcionar a la población tratamientos eficaces contra enfermedades infecciosas, así como medidas adecuadas para su prevención (32).

Se basa en 5 principios estratégicos, los cuales aplican para la salud humana y animal:

1. Capacitar y concientizar a la población con respecto a la RAM y el uso adecuado de antimicrobianos (32).
2. Recabar información acerca de la RAM, a través de la vigilancia epidemiológica, sanitaria y del uso de antimicrobianos (32).
3. Disminuir la incidencia de enfermedades con medidas preventivas de higiene y sanidad (32).
4. Promover la utilización de antimicrobianos de forma óptima y racional.
5. Evaluación económica del problema de RAM para poder establecer un presupuesto sostenible (32).

Consecuencia de retirar los PCA en alimentos balanceados

El bienestar animal, es un pilar básico para combatir la resistencia bacteriana (33).

Principalmente se basa en tres elementos (34):

- El correcto funcionamiento del organismo (34).
- El estado emocional del animal (34).
- La expresión de conductas normales para la especie (34).

Los animales que se encuentran en condiciones óptimas están más sanos, por consiguiente, enferman con menos frecuencia y requieren de menor cantidad de fármacos (35).

En los últimos años, los consumidores han mostrado un mayor interés por saber cómo se producen los alimentos y realizan cuestionamientos sobre los manejos que se llevan a cabo en el sector pecuario (33). En consecuencia, se han presentado gran cantidad de cambios, el más significativo, para la industria avícola, ha sido la retirada de los antibióticos como promotores del crecimiento. Esta situación conlleva, una serie de problemas por el aumento de la mortalidad y de la conversión alimenticia. Lo que implica un impacto al medio ambiente, por el aumento en la producción de heces y en la cantidad de granos utilizados, para la elaboración de alimento (36). Además las enfermedades intestinales se presentan con mayor frecuencia (enteritis necrótica y coccidiosis) (8).

La enteritis necrótica (EN), es una enfermedad común, en las producciones avícolas. Es causada por *Clostridium perfringens*, el cual forma parte del microbioma intestinal (36).

La presentación subclínica de la enfermedad, implica grandes pérdidas económicas para los productores. Cuando se presenta la infección, aumenta la cantidad de moco producido en el intestino y disminuye la digestión y absorción de los nutrientes (36).

La alimentación representa la mayor parte de los costos que se generan en la industria, por lo que cualquier elemento que influya sobre la eficiencia para convertir el alimento en músculo, provoca un gran impacto en la rentabilidad económica (36).

La enteritis necrótica, también provoca una variación en el tamaño de las aves y disminuye la uniformidad en la parvada, lo cual afecta en la planta de procesamiento durante el eviscerado de la canal y puede ser contaminada con *Salmonella* spp o *Campylobacter* spp (36).

Al retirar los antibióticos se busca desarrollar estrategias para optimizar la salud y la productividad de las aves (8).

Los autores Torres y Zarazaga, publicaron un artículo en el cual mencionan que existen varios factores a considerar cuando se retiraran los PCA, uno de ellos es el incremento de infecciones entéricas y por lo tanto también el aumento en la administración de antibióticos con fines profilácticos y terapéuticos. Los autores argumentan que mejorar la higiene y reducir el hacinamiento en las producciones, ayuda a reducir la presencia de enfermedades y por ende disminuye el uso de antibióticos, sin embargo los costos de producción se incrementan. Por ello, se deben concientizar a los consumidores, y dejar en claro que la producción de alimento más saludable es más costosa (19).

Por último refieren la importancia de apoyar investigaciones con el fin de crear productos para sustituir los PCA (19).

Suecia fue el primer país en retirar los PCA, lo cual fue un cambio radical y precipitado para la ganadería de ese país. El principal problema para el sector avícola, fueron los brotes de Enteritis Necrótica. Después de la retirada, durante los dos primeros años, el 90% de las aves fueron tratadas con virginiamicina en el alimento a una dosis de 20 ppm (37).

Se buscaron alternativas al uso de virginiamicina y se realizaron investigaciones para disminuir la incidencia de los brotes de EN. Los cambios en la dieta más significativos fueron: La reducción de proteína y la adición de probióticos, aminoácidos sintéticos y enzimas (37).

Se sabe que el origen de diversas enfermedades se debe a varios factores, por lo que se hicieron mejoras en el ambiente de las aves, principalmente en la calidad del aire (37).

Durante este periodo se otorgaron privilegios a los productores que cumplían con los requerimientos establecidos y se les autorizó el aumento en la densidad de

población. De 20 kg/m² a 36kg/m², lo cual les permitió conservar el bienestar y tener un nivel de producción económicamente competitivo (37).

En Reino Unido al retirar los PCA, al igual que en Suecia aumento la incidencia de Enteritis Necrótica y el rechazo en los rastros por la presencia de colangiohepatitis. Una medida inmediata utilizada fue el uso terapéutico de antibióticos como; amoxicilina, penicilina y clortetraciclina (38).

En el caso de la Unión Europea (UE) se reportaron problemas de disbacteriosis, lo cual se refiere a un desequilibrio en el microbioma del intestino, con un sobre crecimiento bacteriano. En el intestino de las aves afectadas se observó; inflamación y adelgazamiento de la pared, además de heces acuosas con residuos de alimento mal digerido (21).

La retirada de los PCA se puede realizar con resultados productivos competitivos y las consecuencias que esto conlleva pueden ser minimizadas al dar prioridad al control y prevención de enfermedades (21, 37).

En la presente tesis, se administró en el alimento dos antibióticos como promotores del crecimiento, que a continuación se describen:

Colistina

Es un antibiótico, producido por *Bacillus polymyxa* var. Colistinus, es utilizada en medicina veterinaria para el tratamiento y prevención de enteritis, y también como promotor del crecimiento.

La colistina es efectiva contra las bacterias Gram negativas, y actúa alterando la permeabilidad de la membrana celular, provocando la muerte de las bacterias (39).

Pastorelo *et al* (40), demostraron que la colistina, funciona como promotor del crecimiento ya que al utilizarla en la dieta para pollos de engorda a una dosis de 10 ppm, observaron una menor conversión alimenticia y un consumo de alimento más alto, que el grupo control negativo.

Bacitracina

Es producida por la cepa de *Bacillus licheniformis* y por *Bacillus subtilis* var. Tracy.

Actúa inhibiendo la síntesis de la pared celular, y es eficaz contra bacterias Gram positivas y Gram negativas. En medicina veterinaria es empleado como aditivo promotor de crecimiento (41). Su efecto como promotor del crecimiento fue observado, en el experimento realizado por, Valadez (42) en el cual se observó un incremento en la ganancia de peso en pollos de engorda, respecto al grupo testigo.

Promotores del crecimiento no antibióticos

En la alimentación de las aves se han utilizado una gran variedad de aditivos, para remplazar a los PCA. Estos aditivos poseen la capacidad de mejorar el rendimiento de los animales y disminuir la diseminación de enfermedades, son administrados a través del agua de bebida o en el alimento. Algunos ejemplos son: Las enzimas, inmunomoduladores, prebióticos, probióticos, simbióticos, fitogénicos, oligosacáridos, ácidos orgánicos, minerales orgánicos, entre otros (43, 44, 45).

Para el uso de este nuevo grupo de aditivos, se deben de considerar factores, como la información que existe sobre estos productos, los requerimientos y necesidades de las aves y el interés o preferencias de los consumidores (43).

Ácidos orgánicos (AO)

Están integrados por un grupo carboxilo (COOH) unido a una cadena corta saturada. Se caracterizan por ser ácidos débiles, disociarse parcialmente y poseer actividad antimicrobiana (46,47).

Los ácidos de cadena corta (fórmico, acético y butírico) y los que poseen un grupo hidroxilo (láctico, málico, tartárico y cítrico), son lo que tienen efectos favorables sobre la ganancia de peso de los animales (47,45). Los ácidos: Fumárico, fórmico, propiónico y sórbico, son utilizados en las dietas para pollos de engorda. Se ha demostrado que la combinación de ácido sórbico y propiónico, reducen la incidencia de *Salmonella* spp en la canal (48).

Gonzales *et al* (48) realizaron un experimento con ácidos orgánicos en una dieta para pollos de engorda. Utilizaron tres tratamientos; en el tratamiento 1, a la dieta

se le adicionó un promotor del crecimiento antibiótico (Zinc Bacitracina), en el tratamiento 2 emplearon una mezcla de ácidos orgánicos (ácido fórmico, ácido propiónico, formiato de amonio, propionato de amonio y un excipiente) y al tratamiento 3 no se le adicionó ningún tipo de promotor de crecimiento. Los resultados mostraron que no hubo diferencia estadística en el peso final, ganancia de peso, consumo de alimento, porcentaje de mortalidad e índice de eficiencia productiva, sin embargo las aves del tratamiento 2 tuvieron una mejor conversión alimenticia. Con lo observado concluyeron que los ácidos orgánicos pueden remplazar a los PCA en la alimentación de las aves.

La actividad de los ácidos orgánicos, se basa en el valor de su pKa, que se refiere al pH al cual el 50% del ácido está disociado, la mayoría necesita valores entre 3 y 5. Los ácidos de cadena corta, con un pKa elevado, tendrán mayor actividad antimicrobiana, ya que gran parte del ácido se encontrará de forma no disociada (48). La eficacia mejora con una cadena larga y un mayor número de enlaces instaurados (21).

Los AO en general se encargan de controlar bacterias entéricas tanto patógenas como no patógenas, inhiben bacterias Gram negativas y en menor medida a las bacterias Gram positivas y hongos (48). La mezcla de diferentes AO posee un espectro de actividad antimicrobiana más amplio y combina las cualidades de los ácidos utilizados (21).

El mecanismo por el cual inhiben a las bacterias, se basa en la reducción del pH, lo cual crea un ambiente inadecuado para los microorganismos, también se encargan de alterar cuestiones internas de las células (48). Los AO en un pH ácido se encuentran en forma no disociada y pueden atravesar la membrana celular, al estar en contacto con el pH del citoplasma liberan un protón junto con un anión, lo cual inhibe el crecimiento de las bacterias debido a (21, 45):

- La disminución de la actividad enzimática (descarboxilasa y catalasas) y en el metabolismo de macromoléculas, como la síntesis de proteínas, ADN y ARN (21, 46).
- El anión perjudica la síntesis de ADN y evita la replicación de los microorganismos (48).

- Los aniones del ácido quedan acumulados dentro de la bacteria, lo cual es tóxico y ocasiona un desequilibrio osmótico (48).
- La actividad de la bomba de protones, al tratar de mantener el equilibrio que existe dentro de la célula, agota la energía disponible y provoca la muerte de la célula (36).

Una desventaja de los AO, es que son sustancias de difícil manejo, por lo que se utilizan en forma de sales, sin embargo son menos eficaces que en su forma pura. Están disponibles las sales de calcio, potasio o sodio. Las ventajas de las sales, es que son menos volátiles, menos corrosivas y más solubles en agua (21).

En la presente tesis se emplearon aditivos fitogénicos y ácidos orgánicos, en las dietas, a continuación se describen los ácidos orgánicos utilizados:

Ácido cítrico (ácido 2-hidroxi-1,2,3- propanotricarboxílico)

Se encuentra en diversas frutas como el limón, la naranja, la mandarina, la toronja entre otras, también se haya en tejidos animales como en el hueso, la sangre y el músculo. Es utilizado en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética (49).

En el pollo de engorda al adicionarse en la dieta, mejora el consumo de alimento, la eficiencia alimenticia y el estado inmunológico de las aves (50).

Barrera *et al* (50) observaron que al utilizar en la dieta del pollo de engorda una combinación de ácido cítrico y probióticos, las vellosidades intestinales aumentaron en cantidad, amplitud y longitud, por lo que al final del ciclo productivo se observó mayor ganancia de peso.

Ácido sórbico

Es un ácido graso insaturado, posee propiedades antimicrobianas ya que inhibe gran cantidad de bacterias, levaduras y moho, es utilizado en gran variedad de productos de la industria alimenticia, principalmente como conservante de productos frescos con un alto grado de humedad, carnes y productos cárnicos (51, 52).

Fitogénicos

Desde tiempo atrás la humanidad ha utilizado compuestos derivados de las plantas para la elaboración de algunos productos como tés, perfumes, fármacos, cosméticos, hierbas y especias (53).

Los aditivos fitogénicos son compuestos bioactivos obtenidos del metabolismo secundario de las plantas, cada uno posee un efecto y un mecanismo de acción específico (54,55). Sus funciones principales son dar protección a las plantas ante depredadores, sequías, rayos UV, otras plantas, vertebrados, bacterias, hongos o virus (53, 55, 56, 57).

Los metabolitos secundarios se dividen en fenoles, terpenoides, compuestos que contienen nitrógeno y compuestos que contienen azufre (58, 59, 60). (En el cuadro 1 se describen los metabolitos secundarios (56, 58, 60, 61)). El perfil y la cantidad de dichas moléculas, puede variar por diversos factores, como condiciones de cultivo, la especie de planta a utilizar, parte de la planta que se procesa, métodos de extracción empleados y las condiciones de almacenamiento (21, 55, 62). (En el cuadro 2 se describen los métodos de extracción empleados en hierbas especias y plantas (61, 63, 64)). En la figura 1 se mencionan los métodos de extracción y los compuestos obtenidos (65).

Los aditivos fitogénicos se valen de varios mecanismos de acción para mejorar el desempeño productivo de los animales (62), entre ellos se encuentran los siguientes:

- Poseen acción antimicrobiana, en el caso de los aceites esenciales actúan sobre la pared celular de las bacterias y aumentan la permeabilidad de la membrana citoplasmática. La concentración mínima inhibitoria (CMI), de cada compuesto fitogénico puede variar entre bacterias o incluso entre cepas (66). Las sustancias como el carvacrol, timol, eugenol, alil-isotiocianato, cinamaldehído, alicina, fenilpropano, citronela, limoneo y geraniol, han demostrado tener actividad contra microorganismos patógenos (62, 67).

- Actúan como saborizantes y mejoran la palatabilidad lo que genera un aumento en el consumo y la ganancia de peso diario, sin embargo algunos fitobióticos poseen efectos negativos por sus sabores fuertes (54, 67, 68).
- Aumentan la digestibilidad y la utilización de los nutrientes (67, 68) estimulando la secreción de bilis y saliva, además aumentan la actividad de la tripsina y la amilasa (54, 62).
- Estimulan la secreción de moco en el intestino, lo que impide la adhesión de patógenos y mantiene un equilibrio en el microbioma intestinal (54, 62).
- Estimulan el sistema inmune (67), como ejemplo en un experimento realizado en cerdos, se adicionó *Echinacea purpurea* en la dieta, en los resultados se observó una mejor respuesta inmunológica después de aplicar la vacuna contra Erisipela porcina, además mejoro la conversión alimenticia (54).
- Una amplia gama de plantas poseen propiedades antioxidantes, tales como las plantas derivadas de la familia Labiatae, el tomillo y el orégano que contienen carvacrol y timol, los cuales protegen a los lípidos del daño oxidativo por sus compuestos terpeno fenólicos (54, 62, 67 68, 69); de igual forma los compuestos capsaicinoides y flavonoides, se caracterizan por tener actividad antioxidante (70). Estas cualidades se atribuyen a su estructura química, a su actividad redox y a la presencia del grupo fenólico (67).

La clasificación de los compuestos fitogénicos depende de varia cuestiones, en la alimentación animal se lleva a cabo en cuatro sub clases, se toma en cuenta el origen y el procesamiento, por lo que se dividen de la siguiente manera (43,54, 62):

Hierbas: Windisch *et al* (54) las definen como “plantas florecidas, no leñosas y no persistentes”, las cuales son utilizadas sin ser sometidas a un proceso de extracción (65).

Especias: Windisch *et al* (54) las describe como “hierbas con olor o sabor intenso, que comúnmente son añadidas a la alimentación humana”.

Oleorresinas: Windisch *et al* (54) señala que “son obtenidas a través de solventes no acuosos”. Para realizar dicho procedimiento, se requiere de una gran cantidad

de plantas, además de productos químicos y material especializado, por lo tanto su costo tiende a ser elevado (43, 67, 65).

Aceites esenciales: Windisch *et al* (54) establecen que “son compuestos volátiles lipofílicos”. Tienen la característica de ser no polares, son extraídos por medio de destilación; también, pueden ser extraídos por solventes, como petróleo, cloroformo y diclorometano (63,71). Tradicionalmente son extraídos por destilación con agua o vapor, sin embargo estos dos últimos son procesos no selectivos, por lo cual su composición final es variable y dependen en gran medida de las condiciones de cultivo de la planta (67).

Existe una gran variedad de compuestos activos y su actividad antimicrobiana depende principalmente de los fenoles, terpenos y aldehídos. Actúan en el TGI y se utilizan para reducir las bacterias presentes en él, su mecanismo de acción consiste en degradar la pared celular de las bacterias y alterar la integridad de la membrana citoplasmática, lo que provoca coagulación del citoplasma y fugas de iones (54, 62, 66, 72, 73), también se encargan de cambiar la composición del microbioma intestinal por bacterias productoras de ácido láctico, como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, de esta forma también aumenta la eficiencia de la tripsina y la amilasa ya que su actividad se beneficia con un pH bajo (54, 67).

Se ha demostrado que la mezcla específica de aceites esenciales controla la proliferación y colonización de *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* e *Eimeria* spp (55, 62, 72).

Tiihonen *et al* (72) evaluaron los beneficios que aportó una mezcla de timol (15 g/ ton) y de cinamaldehído (5 g/ ton) en la dieta de pollos de engorda. En los resultados se observó una mayor ganancia de peso, disminución en la proporción de *Escherichia coli* en el microbioma del ciego y aumento la producción de butirato.

Sustancia idéntica a las naturales: Se refiere a una sustancia aromática sintética, obtenida a través de un proceso químico, estos productos sintéticos, son iguales en su estructura química a las materias primas naturales (74, 75).

En la presente tesis se emplearon aditivos fitogénicos y de ácidos orgánicos, como alternativas a los promotores de crecimiento antibióticos, a continuación se describen los fitogénicos empleados en las dietas:

Regaliz (*Glycyrrhiza glabra*)

Es una planta perteneciente a la zona mediterránea, es utilizada por sus características como potente edulcorante, expectorante, posee efecto antiviral y previene la aparición de úlceras gástricas debido al aumento en la cantidad de moco y a la proliferación de células de la mucosa (76).

Lúpulo (*Humulus lupulus*)

Pertenece a la familia Cannabaceae. Las flores de esta planta se encargan de producir lupulin, esta sustancia contiene resinas, polifenoles, aceites esenciales y taninos los cuales son responsables de sus atributos como el sabor amargo, propiedades antioxidantes y antimicrobianas (77,78). Es una planta es ampliamente utilizada en la industria cervecera y de la salud (77, 78).

Goma arábica

Polisacárido de origen natural obtenido de la corteza de *Acacia Senegal* y *A. seyal*. Es utilizada por sus propiedades encapsulantes, emulsificantes, estabilizantes y texturizantes, también es conocida por su capacidad para formar geles e incrementar la viscosidad. Generalmente es empleada en la producción de fármacos, bebidas, alimentos, vinos, cosméticos y en la industria textil (79).

En un experimento realizado en pollos de engorda, se observó que el peso final y la conversión alimenticia fueron superiores al adicionar una combinación de aditivos fitogénicos (regaliz, lúpulo y goma arábica) en el alimento (80). En otro experimento utilizaron la misma mezcla de aditivos, en un grupo de pollos de engorda inoculados con una cepa vacunal de *Eimeria* spp, la ganancia de peso, conversión alimenticia, mortalidad y salud intestinal no se vieron afectados (81).

Carvacrol

Forma parte entre un 60 – 70 % de los aceites esenciales presentes en el orégano y un 45 % del tomillo. Su estructura está conformada por un grupo fenólico. Su

mecanismo de acción consiste en dañar la membrana bacteriana haciéndola más permeable lo que permite la salida de lipopolisacáridos y ATPs, crea canales de membrana y las cadenas de ácidos grasos son separadas (82).

Capsaicina

Es un compuesto bioactivo no nutritivo, que se encuentra en los chiles del género *Capsicum* (83). Posee efectos antioxidantes, bacteriostáticos, bactericidas y coccidiostáticos; además es fuente de pungencia y da sabor a los chiles (84, 85). Londoño *et al* (85) observaron que al agregar harina de ají (*Capsicum frutescens*) en la dieta de pollos de engorda el peso vivo final, el peso de la pechuga y del duodeno fueron superiores, al compararlo con el grupo control que no le fue adicionado.

Cinamaldehído

Es un aceite esencial extraído de la corteza de la canela (*Cinnamomum spp.*), el cual actúa inhibiendo bacterias y hongos, es antiinflamatorio y antioxidante (70, 86, 87).

Su actividad antimicrobiana se debe a los grupos aldehídos que conforman la molécula, a través de su grupo amino interfieren con la función normal de DNA y de las proteínas (86).

Vainillina

Es un extracto natural que se obtiene de la vainilla, una planta nativa de México, perteneciente a la familia Orquidaceae. Es la responsable de dar el sabor y olor característico de la vainilla (88, 89).

Las características físicas de este compuesto volátil, es su color ligeramente amarillo, consistencia cremosa y olor dulce (88).

Tiene propiedades antioxidantes y antimicrobianas, es utilizado en la industria alimenticia para dar sabor en platillos o como sabor primario (89).

Timol

Es de los principales componentes del aceite esencial del tomillo; también, se encuentra presente en el orégano y la mandarina (90). Su estructura es similar a la del carvacrol, solo cambia en la posición de su grupo hidroxilo. Su mecanismo de acción consiste en afectar a la membrana de las bacterias Gram negativas, además permite que se filtren elementos necesarios para el metabolismo; como iones ATP, ácidos nucleicos y aminoácidos (67, 83, 91).

Benzofenantridina y protropina

Son compuestos activos obtenidos de las plantas, clasificados como alcaloides bencilisinolínicos, se caracterizan por ser moléculas nitrogenadas de bajo peso molecular, su estructura presenta un anillo istoquinolinico y un anillo bencil (53,56, 92).

Los alcaloides han sido utilizados desde hace 3000 años, por su actividad anti inflamatoria, inmunomoduladora y sus efectos antimicrobianos (92). El mecanismo de acción consiste en interferir en la estructura del ADN e inhiben la actividad de la topoisomerasa (93).

La berberina, palmatina y sanguinarina son ejemplos de estos alcaloides, actúan inhibiendo la síntesis de ADN y la biosíntesis de proteínas, afecta la permeabilidad de la membrana y provocan desacoplamiento de la fosforilación oxidativa (93).

Diversas plantas que pertenecen a las familias: Papaveraceae, Berberidaceae, Fumariaceae, Menispermaceae, Ranunculaceae y Rutaceae, producen benzofenantridina (sanguinarina) y protoberberinas (berberina y palmatina) (93).

Vieira *et al* (92) realizaron un experimento en el cual adicionaron en la dieta de un grupo de pollos de engorda, un producto comercial (Sangrovit[®]) compuesto por una mezcla pre fabricada de alcaloides (benzofenantridina y protropina). En los resultados observaron que la conversión alimenticia fue superior al compararla con grupo control.

JUSTIFICACIÓN

Desde hace 80 años, se han utilizado los antibióticos a dosis subterapéuticas como promotores del crecimiento, con el fin de mejorar la ganancia de peso en los animales y evitar la presencia de enfermedades, sin embargo esta práctica implica un problema para la salud pública, debido al desarrollo de resistencia bacteriana que se genera entre animales, medioambiente y personas.

En la actualidad existe una gran presión por parte de las organizaciones mundiales, para prohibir el uso de PCA. Por lo cual, es necesario trabajar en conjunto con todos los sectores que integran a la industria avícola, para evitar las consecuencias negativas que implica su retirada.

Existen aditivos alternativos a los antibióticos, como los derivados de las plantas y los ácidos orgánicos, utilizados en las dietas para pollos de engorda, es importante observar su efecto en los parámetros productivos, por tal razón se llevó a cabo la presente investigación. Se evaluó el efecto que tienen las mezclas de diferentes fitobióticos y la combinación de fitobióticos con ácidos orgánicos, sobre el rendimiento de la canal, la pigmentación de la piel en la canal fría, la pigmentación de la piel *in vivo* y en el rendimiento productivo.

HIPÓTESIS

Con el empleo de promotores del crecimiento no antibióticos, en dietas maíz-sorgo-soya para pollos de engorda a los 49 días de edad, los resultados de pigmentación de la piel *in vivo*, rendimiento de la canal, pigmentación de la piel en canal fría, y el rendimiento productivo serán iguales, respecto a una dieta adicionada con antibióticos promotores de crecimiento.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros productivos, la pigmentación de la piel *in vivo*, el rendimiento de la canal y pigmentación de la piel en canal fría, en pollos de engorda Ross 308 a los 49 días de edad, al adicionar en dietas maíz-sorgo-soya promotores del crecimiento antibióticos y no antibióticos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar y comparar en una dieta a base de maíz-sorgo-pasta de soya para pollo de engorda, el efecto al adicionar promotores de crecimiento antibióticos (Sulfato de Colistina y Bacitracina) y no antibióticos (fitogénicos y ácidos orgánicos), en los parámetros productivos, como: peso final, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimentaria y porcentaje de mortalidad.
- Evaluar en una dieta a base de maíz-sorgo-pasta de soya para pollo de engorda, el efecto de adicionar promotores de crecimiento antibióticos (Sulfato de Colistina y Bacitracina) y no antibióticos (fitogénicos y ácidos orgánicos), sobre la pigmentación de la piel (valor de b^*) *in vivo* a los 49 días de edad.
- Evaluar en una dieta a base de maíz-sorgo-pasta de soya para pollo de engorda, el efecto al adicionar promotores de crecimiento antibióticos (Sulfato de Colistina y Bacitracina) y no antibióticos (fitogénicos y ácidos orgánicos), en el rendimiento de la canal y pigmentación amarilla de la piel en canal fría (valor de b^*).

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo, en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El CEIEPAv está ubicado en la calle de Manuel M. López S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán, que pertenece a la Alcaldía de Tláhuac, en CDMX. Se localiza a una altura de 2300 msnm, 19° 17' latitud norte y el meridiano 92° 02' 30" longitud oeste (94). Bajo condiciones de clima templado subhúmedo con lluvias de verano C (w₀) (95). La precipitación pluvial promedio en la Alcaldía es de 533.8 mm, con una temperatura promedio de 15.7° C (94).

Las aves se alojaron en una caseta de ambiente natural, la cual estuvo habilitada con túneles internos, cortinas externas, cama de viruta, techo con aislante térmico (poliuretano) y criadoras infracónicas de 40,000 BTU's (British Thermal Unit) (96). Se manejó una densidad de población, de 10 aves/m² a los 49 días de edad (6, 96). Se utilizaron 500 pollos mixtos de 1 día de edad, de la estirpe Ross 308, los cuales fueron obtenidos de una incubadora comercial, localizada en el estado de Morelos.

Las aves estuvieron distribuidas al azar, en cinco tratamientos, con cuatro réplicas de veinticinco aves cada una.

Los tratamientos se conformaron de la siguiente manera:

- Tratamiento 1. Testigo. Dieta basal; sorgo, maíz y pasta de soya. + Antibiótico promotor de crecimiento.
- Tratamiento 2. Dieta basal. + Promotor de crecimiento no antibiótico fitogénico "A".
- Tratamiento 3. Dieta basal. + Promotor de crecimiento no antibiótico fitogénico "B".
- Tratamiento 4. Dieta basal + promotores de crecimiento no antibióticos, ácidos orgánicos y fitogénicos "C".
- Tratamiento 5. Dieta basal + promotor de crecimiento no antibiótico fitogénico alcaloide "D".

En el Cuadro 3, se especifican los principios activos empleados y las dosis utilizadas en cada tratamiento.

Tratamiento	Principio Activo	Dosis (g/ton)
1	Sulfato de Colistina y Bacitracina. ¹	500
2	Extractos de; Regaliz, Lúpulo y Goma arábica. ²	400
3	Capsaicina, Carvacrol y Cinamaldehído. ³	200
4	Ácido cítrico, Ácido sórbico, Timol monoterpeno y Vainillina. ⁴	400
5	Benzofenatridina y Protropina. ⁵	500

1 Medicol® premix, Virbac (Colistina 5ppm y bacitracina 22ppm).

2 Anta ® Phyt, Dr eckel.

3 Xtract ® 6930, Pancosma.

4 AviPlus®P, Vetagro.

5 Sangrovit ®, Phytobiotics.

El alimento se elaboró en la planta de alimentos del CEIEPAV.

La forma de presentación del alimento fue en harina. El alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum* durante toda la prueba.

Se manejaron cuatro fases de alimentación, de acuerdo a los requerimientos de la estirpe (6, 97).

- Fase 0: Día 1 al día 7 - pre inicio.
- Fase 1: Día 8 al día 14 - inicio.
- Fase 2: Día 15 al día 28 - crecimiento.
- Fase 3: Día 29 al día 49 - finalizador.

En el cuadro 4, se menciona la composición de las dietas basales para pollo de engorda Ross 308, de acuerdo a las fases mencionadas.

Semanalmente se pesaron a los pollos y el sobrante de alimento de cada réplica, para evaluar los parámetros productivos: Ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimentaria.

Durante las siete semanas, se llevó el registro de la mortalidad general.

Rendimiento de la canal y pigmentación amarilla de la piel

Se procesaron 100 aves (20 por tratamiento), a los 49 días de edad, en el rastro tipo comercial del CEIEPAv.

El día anterior al proceso, fueron identificados individualmente y sometidos a un ayuno de ocho horas, con agua a libre acceso (97).

Al llegar al rastro, se registró el peso de cada ave y se midió *in vivo* la pigmentación cutánea (b^*) en la zona apterica lateral derecha. Para esto se utilizó un colorímetro de reflectancia de la marca Minolta, modelo CR-400 (97).

Después se colgaron en la banda de procesamiento de forma manual (97).

La insensibilización, se realizó mediante aturdimiento eléctrico, a través de un aturridor comercial, bajo los parámetros de 25 volts 0.25 amp, y 460 Hz, de corriente directa del tipo pulsátil. El degüello se realizó de forma bilateral y posteriormente pasaron al desangrado, el cual tuvo una duración de 2 minutos. Al llegar a la tina de escaldado, las aves permanecieron durante 1.5 minutos a una temperatura de 53°C (18).

Por último el eviscerado se hizo de forma manual. Para el eviscerado se realizó un corte circular en la cloaca y un segundo corte perpendicular al primero, para facilitar la extracción de las vísceras; la molleja, el hígado, el intestino, el corazón, el bazo y el buche (18).

Para calcular el rendimiento, fue necesario pesar las canales sin viseras, cabeza y miembros posteriores (18).

Las canales se enfriaron a 4 °C en agua con hielo, durante 40 minutos (97, 98).

Al terminar este periodo, se midió el pigmento (b^*) de la canal fría en la zona latero craneal de la pechuga, con el equipo colorímetro Minolta CR 400 (97).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las diferentes variables estudiadas cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Posteriormente, a los datos se les hizo un análisis de varianza conforme a un diseño completamente al azar. En caso de existir diferencia a una significancia del 5% ($P < 0.05$), los datos

se sometieron a un análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey (99).

Para la variable porcentaje de mortalidad, previo a su análisis fue transformada por la raíz cuadrada de arco seno para su posterior análisis de varianza (ANOVA) (100).

RESULTADOS

Los resultados promedio para el peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, se pueden observar en el Cuadro 5.

Los resultados indicaron que el peso final fue diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde el tratamiento 4 obtuvo el peso final más alto (2718a g) respecto a los tratamientos 1, 3 y 5 (2564b, 2551b, 2600b g), con el peso final más bajo (2442c g) en el tratamiento 2.

En ganancia de peso, se observó el mismo comportamiento que la variable anterior, donde el tratamiento 4 obtuvo el mejor resultado ($P < 0.05$) seguido por los tratamientos 1, 3 y 5; con la menor ganancia de peso en el tratamiento 2.

En cuanto al consumo de alimento, no se observó diferencia estadística ($P > 0.05$) entre tratamientos. En la variable conversión alimenticia, el tratamiento 4 obtuvo el mejor resultado ($P < 0.05$) seguido por los tratamientos 1, 3 y 5; con la mayor conversión alimenticia en el tratamiento 2.

En el Cuadro 6, se puede observar los resultados de porcentaje de mortalidad transformados con arcoseno, donde la mortalidad no presentó diferencia ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

En el Cuadro 7, se encuentran los resultados de la pigmentación cutánea amarilla *in vivo*, porcentaje de rendimiento de la canal y pigmentación amarilla de la piel de la canal fría a los 49 días de edad.

En la variable pigmentación amarilla de la piel *in vivo*, el tratamiento 3 mostró valores mayores de pigmentación ($P < 0.05$), al obtener una mayor pigmentación cutánea, respecto a los tratamientos 1, 4 y 2. Sin embargo, el tratamiento 5 obtuvo la menor ($P < 0.05$) pigmentación amarilla de la piel.

En cuanto al porcentaje de rendimiento de la canal, los datos promedio no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los tratamientos. Respecto a la pigmentación amarilla de la piel en la canal fría, los tratamientos 4 y 5 mostraron la mayor pigmentación de la piel ($P < 0.05$), seguido por el tratamiento 3 y con la menor pigmentación amarilla de la piel en los tratamientos 1 y 2.

DISCUSIÓN

Peso final y ganancia de peso

Los resultados de estas variables, mostraron diferencia estadística. El tratamiento 4 obtuvo los valores más altos.

Los resultados se asociaron, a las propiedades del promotor de crecimiento, se empleó: Una mezcla de ácido cítrico, ácido sórbico, timol monoterpeno y vainillina (52).

El mecanismo de acción de los ácidos orgánicos, consiste en reducir el pH y crear un ambiente negativo para los microorganismos. Atraviesan la membrana celular, y al estar en contacto con el citoplasma, se disocian y liberan un protón junto con un anión, lo que provoca un desequilibrio osmótico, afecta la actividad enzimática y el sistema de transporte de nutrientes (21, 42, 43,44).

Los aditivos fitogénicos como la vainillina y el timol poseen propiedades antimicrobianas y tienen efectos antioxidantes (21, 82, 88). El timol daña la membrana externa de las bacterias y aumenta la permeabilidad, lo que ocasiona la salida de iones y aminoácidos (82).

La microencapsulación permite la liberación de los principios activos de manera larga y sostenida, también enmascara olores y sabores, lo que evita que interfieran con el consumo de alimento (21, 62, 63).

Mohammadi *et al* (62) realizaron un experimento en pollos de engorda (Ross 308), en el cual se evaluó el mismo promotor del crecimiento, empleado en el tratamiento 4 de la presente tesis (Una mezcla de ácido cítrico, ácido sórbico, timol monoterpeno y vainillina). Se compararon 4 grupos, a los cuales se les adicionó el promotor del crecimiento en diferentes concentraciones; 0, 0.025, 0.05 y 0.075%. Observaron que a los 35 días de edad, las aves obtuvieron una mejor ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, conforme la concentración del producto aumentaba. Los resultados fueron asociados a los efectos benéficos de los ácidos orgánicos en el microbioma intestinal y al aumento en la disponibilidad de nutrientes para el hospedador.

Ragaa *et al* (90), adicionaron tomillo (1 g/kg) y ácido fórmico (5 g/kg), es decir un aditivo fitogénico y ácido orgánico en la dieta para pollos de engorda (Cobb 500),

en los resultados reportaron una mejor ganancia de peso. Los autores atribuyeron los resultados a las propiedades antioxidantes del tomillo, ya que reducen la población de bacterias dañinas en el TGI y mejorar la absorción de aminoácidos. El carvacrol, presente en el tomillo, estimula las secreciones pancreáticas e incrementa las enzimas digestivas para una mayor absorción y digestión de nutrientes (82).

En la presente tesis el tratamiento 2, mostró los valores más bajos en la ganancia de peso y peso final. El uso de aceites esenciales, para mejorar el desarrollo en el crecimiento de las aves es controversial, ya que no siempre se obtienen resultados favorables o superiores (91), referente a esto Eichner (53) cita algunas posibles causas, como: “La dosis aplicada, la composición y concentración de las sustancias activas, la interacción con los sabores y olores del alimento y el mecanismo de acción no aclarado o definido de algunas sustancias presentes en las plantas”.

Lee *et al* (91), compararon en tres grupos de pollos de engorda; el efecto de aditivos fitogénicos como el timol, el cinamaldheido y una mezcla comercial de aceites esenciales llamada Crina, en los resultados no se observaron mejoras en el crecimiento, en la digestibilidad de macronutrientes o en los niveles de lípidos plasmáticos. Los autores mencionan que se observa menos eficacia de los suplementos, cuando las aves son alojadas en lugares limpios y son alimentadas con dietas digestibles. También el estado de salud de la parvada y el tipo de ingredientes utilizados en la dieta, afectan la respuesta en el crecimiento (72). El producto utilizado es otro factor que influye en los resultados, ya sea por la concentración del principio activo, el método de extracción, el origen geográfico de las plantas, la época de la cosecha o el tiempo de almacenamiento (55).

Consumo de alimento

En los resultados obtenidos de la actual tesis, los valores del consumo de alimento, no mostraron diferencia estadística. De igual forma, se observó en un experimento realizado por Gonzáles *et al* (48), en el cual evaluaron el efecto de dos ácidos orgánicos (ácido fórmico y ácido propiónico 2 kg/t) y un promotor del

crecimiento antibiótico (zinc bacitracina 300 g/t), en un grupo de 333 pollos de engorda. La variable en cuestión no se vio afectada, por la adición de los aditivos mencionados.

Sin embargo, se ha demostrado que las aves alimentadas con extractos de plantas y ácidos orgánicos disminuyen su consumo, lo cual fue reportado por Ragaa *et al* (90); los autores realizaron un experimento en el cual se adicionó en la dieta para pollos de engorda, tomillo y ácido fórmico. En los resultados de ambos grupos se notó que el consumo de alimento fue menor que el grupo control. Los autores concluyeron que el consumo bajo de alimento, fue ocasionado por las sustancias presentes en el tomillo; principalmente el timol y carvacrol, las cuales son las responsables de dar el sabor (82).

Conversión alimenticia

Los resultados obtenidos de la presente tesis, mostraron significancia estadística. El tratamiento 4, cuyo promotor del crecimiento estaba compuesto por ácidos orgánicos y aceite esenciales, obtuvo la mejor conversión alimenticia.

El efecto positivo de los aceites esenciales y ácidos orgánicos, asociados con la mejora del crecimiento en pollo de engorda, ha sido observado antes (72).

García *et al* (45) reportaron valores favorables en la conversión alimenticia, al utilizar extractos de plantas como promotores de crecimiento, para ello compararon el empleo de: Avilamicina a una dosis de 10 ppm, ácido fórmico en diferentes concentraciones; a 10000 ppm y a 5000 ppm, extractos de plantas (una mezcla de orégano, canela y pimienta) con una inclusión de 200 ppm y extractos de plantas hidroalcohólicos de (salvia, tomillo y romero) a una dosis de 5000 ppm. En los resultados, se observó una conversión alimenticia menor en los tratamientos en los cuales se emplearon una mezcla de extractos de plantas y PCA.

En el caso del experimento realizado por Isabel *et al* (73), en el cual se comparó el efecto sobre los parámetros productivos, de ácidos orgánicos, aceites esenciales y una mezcla de ambos, la variable en cuestión no mostró diferencia estadística. En el experimento se emplearon los siguientes aditivos: El tratamiento A contenía

ácido fórmico (5120 ppm) y ácido propiónico (2080 ppm) en forma de sal, el tratamiento O contenía una mezcla de aceites esenciales (100 ppm), a base de clavo y canela y el tratamiento AO fue una mezcla de ácido fórmico (5120 ppm), ácido propiónico (2080) en forma de sal y una mezcla de aceites esenciales (100 ppm) de clavo y canela.

Mortalidad

En esta variable, no se observó diferencia entre los 5 tratamientos de la presente tesis.

En trabajos de autores previamente citados: González *et al* (48) compararon dos ácidos orgánicos (ácido fórmico y ácido propiónico) con un promotor del crecimiento antibiótico (zinc bacitracina), tampoco reportaron diferencia estadística en los resultados relacionados con la mortalidad.

Así mismo, en el experimento mencionado de Isabel *et al* (73), en el cual compararon; ácido fórmico y ácido propiónico en forma de sal, aceites esenciales a base de clavo y canela y una mezcla de los productos previamente mencionados. No se reportó diferencia en la variable de mortalidad.

Pigmentación cutánea

En los resultados de la tesis en cuestión se observó en el tratamiento 3, el valor más alto en el pigmento cutáneo *in vivo* (b*). En este tratamiento se utilizó una mezcla microencapsulada de compuestos fitogénicos, conformada de lo siguiente: Capsaicina, un extracto natural del pimiento (*Capsicum spp.*) y sustancias activas idénticas a las naturales, como carvacrol (obtenido del orégano *Origanum vulgare*) y cinamaldehído (obtenido de la Canela *Cinnamomum spp*) (66, 82, 83).

El término de “sustancia idéntica a las naturales”, se refiere a una sustancia aromática sintética, obtenida a través de un proceso químico, estos productos sintéticos, son iguales en su estructura química a las materias primas naturales (74, 75).

En cuanto a la microencapsulación, es un proceso que permite la liberación del compuesto activo de las plantas, en un sitio de acción específico del TGI, también

retrasa la absorción y conserva la actividad antimicrobiana por más tiempo (66, 67). Durante la fabricación del alimento, protege la molécula activa de los factores ambientales como la luz, el pH y la humedad, permite su manejo y también reduce la palatabilidad negativa u olores fuertes al incorporarlos a las dietas (67).

La capsaicina se encuentra presente en frutos del género *Capsicum* y pertenece a una familia de sustancias llamadas capsaicinoides. Es utilizado en la industria alimenticia por su pungencia y sabor (84).

Los aditivos fitogénicos poseen propiedades antioxidantes, tienen la capacidad de mejorar el estado antioxidante de las aves, ya que reducen el daño en las células intestinales y mantienen en buen estado la mucosa intestinal (54, 58, 64,83).

La mezcla de aceites esenciales utilizada en el tratamiento 3 de la presente tesis, fue evaluada por Karadas *et al* (83) en una parvada de pollos de engorda. En los resultados, se descubrió un aumento en la concentración hepática de carotenoides y coenzima Q₁₀.

Los autores atribuyeron los resultados a dos posibles causas:

1. Disminución en el estrés oxidativo de las aves, por las propiedades antioxidantes que poseen los aceites esenciales, lo cual no influyó con su reserva de carotenoides (83).
2. La absorción intestinal de los carotenoides fue mejor (83).

Los autores también observaron un óptimo estado de salud, mayor eficiencia en la conversión alimenticia y una mayor ganancia de peso (83).

Por el contrario López *et al* (57) compararon promotores del crecimiento antibióticos, extractos de plantas y aceites esenciales, en los resultados no hubo diferencia en la pigmentación cutánea. Todos los grupos experimentales fueron alimentados con una dieta base de sorgo y pasta de soya. En el tratamiento 1 se utilizó colistina 120 ppm y zinc bacitracina 50 ppm, en el tratamiento 2 se empleó zinc bacitracina 50 ppm, el tratamiento 3 fue adicionado con extractos de plantas y aceites esenciales (Prisma set) 2 kg/Ton y el tratamiento 4 con alcaloides de plantas (Prisma jet) 2 kg/Ton.

Al igual que lo observado por Montoya, al utilizar una serie de promotores del crecimiento alternativos a los antibióticos, no hubo diferencia estadística en los valores de pigmentación (b*) cutánea de los pollos. Los promotores del

crecimiento alternativos fueron; un ácido orgánico (Butirato de sodio 500 g/t), fitogénicos (*Acacia conccina* y *Saccharum officinarum* 500 g/t), un probiótico (*Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 1×10^9 CFU/g) y la mezcla de los promotores mencionados con las dosis respectivas (71).

Rendimiento de la canal

En la presente tesis se realizó una comparación entre diferentes tipos de promotores del crecimiento (fitogénicos, ácidos orgánicos y antibióticos), en una dieta para pollos de engorda, en los resultados no se observó diferencia estadística en dicha variable.

Los autores Kirkpınar *et al* (69) y García *et al* (45), de igual forma no observaron diferencia en los resultados de rendimiento de la canal, cuando compararon promotores del crecimiento alternativos a los antibióticos.

En el caso de Kirkpınar *et al* (69) adicionaron, orégano (300 mg/kg), ajo (300 mg/kg) y una mezcla de ajo y orégano (150 mg/kg de cada uno).

Por el contrario Isabel *et al* (73), observaron que los valores de rendimiento de la canal y peso de la pechuga fueron superiores, cuando adicionaron, fitogénicos (extractos de clavo y canela), ácidos orgánicos (ácido fórmico y ácido propiónico) y una mezcla de ambos aditivos en una dieta para pollos de engorda.

Pigmentación de la canal

En los resultados del presente trabajo, los tratamientos 4 y 5, mostraron los valores más altos en la variable de pigmentación de la canal (b*).

El color amarillo de la piel de la canal, es una característica que los consumidores emplean para determinar la calidad y elegir el producto de su preferencia (98).

La pigmentación de la piel, depende de varios factores, entre ellos de los más importantes el escaldado y el enfriamiento de la canal (98).

En la pigmentación de la canal fría pueden interferir factores como el tiempo y temperatura del escaldado (98).

El rango de temperatura del escaldado es de 51.4 a 53 °C, si el procedimiento se lleva a cabo por debajo de esta temperatura, el desplume es incorrecto y si la

temperatura es más elevada, la cutícula se remueve y se pierde la pigmentación (97).

Durante el enfriamiento de la canal por medio de agua, la pérdida de la epidermis sucede durante la agitación, el lavado de la canal y el contacto entre las canales en la tina del escaldado (98).

En un experimento citado anteriormente, realizado por Montoya demostró que con el uso de una mezcla de promotores del crecimiento alternativos a los antibióticos, como; ácidos orgánicos, fitogénicos y probiótico, el pigmento de la canal fría, presentó un valor superior de b^* (71).

Por otro lado, Mohamandi *et al* (62) administraron a diferentes concentraciones, el mismo promotor de crecimiento utilizado en la presente tesis (una mezcla de ácido cítrico, ácido sórbico, timol monoterpeno y vanilina), esta variable, no tuvo diferencia o mejora, en comparación con el tratamiento control.

Kirkpinar *et al* (69) al utilizar aceites esenciales provenientes del orégano y ajo, tampoco presentó diferencias la variable del pigmento en la canal (b^*) entre los tratamientos.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales empleadas, se realizaron las siguientes conclusiones:

1. La adición de una mezcla de ácidos orgánicos (ácido cítrico y el ácido sórbico) y aditivos fitogénicos (timol y vainillina), como alternativa al empleo de antibióticos promotores del crecimiento (Colistina y Bacitracina) en dietas a base de maíz-sorgo-pasta de soya para pollos de engorda de 1 a 49 días de edad, fue superior en los resultados de ganancia de peso y conversión alimenticia.
2. Con el uso de la mezcla de aditivos fitogénicos, compuesta por lúpulo, regaliz y goma arábiga, se observó que la ganancia de peso fue menor y la conversión alimenticia fue mayor, respecto al resto de los tratamientos.
3. Se obtuvo un efecto benéfico en la pigmentación amarilla de la piel del pollo en canal fría, una mezcla de ácidos orgánicos (ácido cítrico y el ácido sórbico, timol y vainillina), así como con la mezcla de Benzofenatridina y Protopina.
4. El rendimiento de la canal del pollo de engorda, no se vio afectado con la suplementación de promotores del crecimiento no antibióticos.

REFERENCIAS

1. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2019. México DF: Unión Nacional de Avicultores; 2019.
2. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2018. México DF: Unión Nacional de Avicultores; 2018.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Producción y productos avícolas [FAO]. Nutrición y alimentación. Nueva Zelanda: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura; 2012.
4. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO]. Disposición de piensos y nutrición en aves de corral en países en desarrollo. Avances de nutrición en las aves de corral. Nueva Zelanda: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura; 2012.
5. Alonge E O, Eruvbetine D, Idowu O M, Obadina AO, Olukomaiya O O. Comparing the Effects of Supplementary Antibiotic, Probiotic, and Prebiotic on Carcass Composition, Salmonella Count and Serotypes in Droppings and Intestine of Broiler Chickens. PSJ. 2017; 5(1): 41-50.
6. Aviagen. Manual de Manejo de pollo de engorda Ross 308. EUA: Aviagen, Nutrición del pollo de engorda; 2018.
7. Yegani M, Korver D R. Factors Affecting Intestinal Health in Poultry. Poultry science. [Revista en internet] 2008 [acceso 14 mayo 2019]; 87 (10): [2053 – 2052]. Disponible en: <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00091>.
8. Broom, L J, Kogut, M H. Gut health in poultry and considerations of additives as alternatives to antibiotics. Cab Reviews. 2018; 13(38): 1-6.
9. Dibner J J, Richards J D. Antibiotic Growth Promoters in Agriculture: History and Mode of Action. Poultry Science 2005; 84:634–643.
10. Broom L J. Gut barrier function: Effects of (antibiotic) growth promoters on key barrier components and associations with growth performance. Poultry Science. 2018; 97(5): 1572-1578.
11. Kumar D, Renuka, Kumar A, Shandilya U, Kumar A, Shukla P. New-Generation Probiotics: Perspectives and Applications. Academic Press. 2019: 417-424.

12. Gordon HA, Bruckner- Kardoss, Staley E, Wagner TE, Wostmann BS. Characteristics of the germfree rat. *Cells Tissues Organs*. Acta anat.1996; 64(3): 367-398.
13. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO]. Procedimientos idóneos para la fabricación de alimento para la acuicultura. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Orientación técnica para la pesca responsable; 2003.
14. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura [FAO]. Definiciones para los fines del Codex alimentarius.lugar: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura; año.
15. Shimada A. Nutrición animal. México: Trillas; 2015.
16. Sumano L. Farmacología veterinaria. México: [editor no identificado]; 2015.
17. Paredes F, Roca J J. Acción de los antibióticos. Perspectiva de la medicación antimicrobiana. Elsevier. 2004; 23(3): 116-124.
18. Herrera A. Alternativas a los antibióticos promotores del crecimiento (APC) en el comportamiento productivo en pollo de engorda en crecimiento [tesis de licenciatura]. Estado de México: UNAM;2019.
19. Torres C, Zarazaga M. Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. ¿Vamos por el buen camino? *Gac Sanit*. [Revista en internet] 2002 [acceso 8 de septiembre 2019]; 16 (2); [109-112]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112002000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0213-9111.
20. Stokstad ER, Jukes TH, Pierce J, Page AC, Franklin AI. The multiple nature of the animal protein factor. *J. Biol. Chem*. 1949; 180: 647-654.
21. Huyghebaert G, Ducatelle R, Immerseel FV. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*. 2011; 187(2): 182–188.
22. Fernández F, López J, Ponce L M, Machado C. Resistencia bacteriana. *Rev Cub Med Mil* [Internet]. 2003 [acceso 24 Septiembre 2019]; 32(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572003000100007&lng=es.

23. Kelley TR, Pancorbo OC, Merka WC, Barnhart HM. Antibiotic resistance of bacterial litter isolates. *Poultry Science*. 1998; 77 (2): [243–247].
24. Ardoino S M, Toso R E, Toribio M S, Álvarez H L, Mariani E L, Cachau P D et al. Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de reemplazo. *Ciencia Veterinaria*. 2017 [acceso 19 septiembre 2019]; 17(1): [50 – 66]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.19137/cienvet-20171914>.
25. Organización Mundial de la Salud [OMS]. Directrices de la OMS sobre el uso de antimicrobianos de importancia médica en animales destinados a la producción de alimentos. Suiza: Organización Mundial de la Salud; 2017.
26. Sridevi T, Shankar C, Park J, Dexilin M, Rajesh R, Thamaraiselvi T, Study on acquisition of bacterial antibiotic resistance determinants in poultry litter. *Poultry Science*. 2009; 88 (7): 1381–1387.
27. Galán JC, Baquero MR, Morosini MI, Baquero F. Bacterias con alta tasa de mutación: los riesgos de una vida acelerada. *Asociación colombiana de bacteriología*. [Internet]. 2006 [acceso 24 Septiembre 2019]: 10(1); 22-29. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v10n1/v10n1a4.pdf>
28. Starr MP, Reynolds DM. Streptomycin resistance of coliform bacteria from turkeys fed streptomycin. *Society of American Bacteriology*. 1951: 41; 15–34.
29. Tadesse DA, Zhao S, Tong E, Ayers S, Singh A, Bartholomew MJ, McDermott PF. Antimicrobial drug resistance in *Escherichia coli* from humans and food animals, United States, 1950-2002. *PubMed*. 2012; 18(5): 741-749.
30. Barri A. Salud intestinal sin antibióticos, Rompiendo paradigmas. En: 41° Convención Anual ANECA. México: 2016.
31. Organización Mundial de la Salud [OMS]. Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos. Suiza: Organización Mundial de la Salud; 2016.
32. Acuerdo por el que se declara la obligatoriedad de la Estrategia Nacional de Acción contra la Resistencia a los Antimicrobianos. *Diario oficial de la Federación*, (05/06/2018).
33. Hector L. El impacto de la nutrición sobre la salud intestinal y el bienestar de las aves 2019.

34. Manteca X, Mainau E, Temple D. ¿Qué es el bienestar animal? [ficha técnica]. Farm animal welfare education center; 2012. [Acceso 11 de Julio de 2019]. Disponible en: https://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/fs1-es.pdf.
35. Fundación slow food para la biodiversidad. El bienestar animal según Slow Food. Italia: Fundación slow food para la biodiversidad ONLUS; 2013.
36. Hofacre C L, Smith J A, Mathis G F An optimist's view on limiting necrotic enteritis and maintaining broiler gut health and performance in today's marketing, food safety, and regulatory climate. *Poultry Science* 2018;97(6) 1929–1933.
37. Liebert MA. The Swedish Experience of the 1986 Year Ban of Antimicrobial Growth Promoters, with Special Reference to Animal Health, Disease Prevention, Productivity, and Usage of Antimicrobials. Swedish Animal Health Service. 2001; 7(2): [183-190].
38. Pritchard S. La vida sin antibióticos promotores del crecimiento: perspectiva Reino Unido. En: Australian Poultry Science symposium. Australia: Selecciones avícolas. Com; 2016.
39. Jeong, SH, Song YK, Cho JH. Risk assessment of ciprofloxacin, flavomycin, olaquinox and colistin sulfate based on microbiological impact on human gut biota. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2009; 53(3): 209–216.
40. Pastorelo RF, Carvalho P, Rocha C, Martins IJ, Maiorka A, Dahlke F. Evaluación del uso de probióticos en dietas con o sin promotores de crecimiento para pollos de engorde. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010; 39 (12): 2687-2690
41. Sáenz E, Sánchez L. Antibióticos tópicos. *Dermatología Peruana*. 2005; 15(1): 7-20.
42. Valadez M A. Parámetros productivos del pollo de engorda utilizando flavonoides como sustituto del promotor de crecimiento bacitracina de zinc en la dieta. [tesis licenciatura]. CDMX UNAM. 2007.
43. Hashemi SR, Davoodi H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet Res Commun*. 2011; 35: 169–180.
44. Griggs JP, Jacob JP. Alternatives to Antibiotics for Organic Poultry Production. *Appl. Poult. Res*. 20015; 14: 750-756.
45. García V, Catalá P, Hernandez, F. Megias M. Effect of Formic Acid and Plant Extracts on Growth, Nutrient Digestibility, Intestine Mucosa Morphology, and Meat

- Yield of Broilers. *Journal of Applied Poultry Research - J APPL POULTRY RES.* 2007; 16(4): 555-562.
46. Cherrington CA, Hinton M, Mead GC, Chopra I. *Organic Acids: Chemistry, Antibacterial Activity and Practical Applications.* Elsevier. 1991: 32; 87–108.
47. Torres O. Efecto de una mezcla de ácidos orgánicos suministrada en el agua de bebida sobre los parámetros productivos de pavo alimentados con una dieta complementada con una mezcla de oleaginosas [tesis de licenciatura]. Cuautitlán Izcalli, Edo. De México; 2015.
48. González S, Icochea E, Reyna P, Guzmán J, Cazorla F, Lúcar J, *et al.* Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorda. *Rev Inv Vet.* 2013; 24 (1): 32-37.
49. Muñoz A, Sáenz A, López LI, Cantú L, Barajas L. Ácido Cítrico: Compuesto Interesante. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila.* 2014; 6(12): 18-23.
50. Barrera HM, Rodríguez SP, Torres G. Efectos de la adición de ácido cítrico y un probiótico comercial en el agua de bebida, sobre la morfometría del duodeno y parámetros zootécnicos en pollo de engorde. *Orinoquia.* 2014; 18(2): 52-62.
51. Pérez MT. Estudio científico del potencial alquilante del ácido sórbico y de los productos con su reacción con el nitrito. [Tesis de doctorado]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2009.
52. Vetagro.com. Aviplus® P [sede web]: Italia Vetagro.com 2019- [acceso 15 junio 2020]. Disponible en: <https://www.vetagro.com/es/prodotto/aviplus-p/>
53. Eichner G. Aditivos fitogénicos en la alimentación animal: ¿Son todos iguales? En: Pre congreso Impexvet AMVEAV. Veracruz: BM editores; 2017.
54. Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science.* 2008; 86(14): 140–148.
55. Rico J, Olvera M, Leyva H, Casarín A, Gómez LM, Villar G. ¿Cómo asegurar la efectividad de los fitobióticos en las aves?. *Avicultura. Mx;* 2019 [Acceso 17 de enero de 2020]. Disponible en: <https://www.avicultura.mx/destacado/%C2%BFComo-asegurar-la-efectividad-de-los-fitobioticos-en-las-aves> .

56. De La Cruz I, González A R, Riley C A. Biosíntesis de alcaloides bencilisoquinolínicos. *Universitas Scientiarum*. 2012; 17 (2): 189-202.
57. López A E, Sánchez Isaías, Cortes A, Órnelas M, Ávila E. Comportamiento productivo del pollo de engorda al adicionar dos promotores naturales. 2009: 1-2.
58. Jamwal K, Bhattacharya S, Puri S. Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. Elsevier. 2017; 9: 1-13.
59. Wallace RJ, Oleszek W, Franz C, Hank I, Baser KHC, Mathe A, Teichmann K. Dietary plant bioactives for poultry health and productivity. *British Poultry Science*. 2010; 51(4): 461 – 487.
60. Ávalos A, Pérez E. Metabolitos secundarios de las plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*. 2009; 2 (3): 119-145.
61. Ávalos A, Pérez E. Metabolitos secundarios de las plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*. 2009; 2 (3): 119-145.
62. Mohammadi M, Hosseindoust A, Kim I H. Evaluating the effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils in broiler chickens diet. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2015.
63. Houghton P J, Raman A. *Laboratory Handbook for the fractionation of natural extracts*. Londres: Chapman & Hall; 1998.
64. Montoya GDJ. *Aceites esenciales. Una alternativa de diversificación para el eje cafetero*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2010.
65. United Nations Industrial Development Organization [UNIDO], Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. *Products in herbs, spices and essential oils, post-harvest operations in developing countries*. UNIDO y FAO; 2005.
66. Yang C, Kabir MA, Hou Gong J. Phytogetic Compounds as Alternatives to In-Feed Antibiotics: Potentials and Challenges in Application. *Pathogens [Revista en internet]* 2015 [acceso 22 julio de 2020] 4; 137 -156. Disponible en: doi:10.3390/pathogens4010137.
67. Diaz S, D'Souza D, Biswas D, Hanning I. Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry Science*. 2015; 94 (6): 1419 1430.
68. Dias FE. Presente y futuro de los aditivos fitogénicos en la nutrición animal. En: *nutri FORUM*. Lleida: Nutrinews; 2019. p. 23-28.

69. Kirkpınar F, Ünlü H B, Serdaroğlu M, Turp G Y. Effects of dietary oregano and garlic essential oils on carcass characteristics, meat composition, colour, pH and sensory quality of broiler meat. *British Poultry Science*. 2014; 55(2): 157–166.
70. Jamroz D, Wiliczekiewicz A, Wertelecki T, Orda J, Skorupińska J. Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *British Poultry Science*, 2005; 46(4): 485–493.
71. Montoya V. Estrategias nutricionales para reducir el uso de antibióticos promotores del crecimiento en dietas para pollos sobre respuesta productiva y salud intestinal. [Tesis de maestría]. CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México; 2019.
72. Tiihonen K, Kettunen, H, Bento, M H L, Saarinen M, Lahtinen S, Ouwehand A C *et al*. The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota. *British Poultry Science*. 2010; 51(3): 381–392.
73. Isabel B, Santos Y. Effects of dietary organic acids and essential oils on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res*. 2009; 18: 472–476.
74. Duran L. Aditivos naturales. *Arbor CLXVIII*. 2001; 661: 87.107.
75. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos (CX/FAC 06/38/12, Marzo de 2006).
76. López MT. El regaliz. *Actividad farmacológica, indicaciones y consejos para su uso*. *Offarm*. 2008; 27(1); 66-71.
77. Martínez JR, Valls V, Villarino A. El lúpulo contenido en la cerveza, su efecto antioxidante en un grupo controlado de población [Monografía en Internet]. Centro de información Cerveza y salud Madrid: 2007 [Fecha de consulta 11 julio 2020]. Disponible en: <http://www.cervezaysalud.es/wp-content/uploads/2015/05/Estudio16.pdf>.
78. Durello RS, Silva LM, Bougusz S. Química do lúpulo. *Quím. Nova* [Revista en internet] 2019 [acceso 12 julio 2020]; 42(8): 900 -919. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422019004800900&script=sci_arttext&lng=pt
79. López F, Yolanda L, Goycoolea FM, Valdez MA, Calderón AM. Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia* [Revista en internet] 2006 [acceso 12

- julio 2020]; 31(3): 183 -189. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911405.pdf>.
80. Viv online. [Sede Web]. Viv online; 2019 [n.d; acceso 10 julio 2020] Effectiveness of a phytogetic feed additive on growth performance of broiler chickens raised under optimal health conditions. Disponible en: <https://www.viv.net/articles/casestudy/phytogetic-power-with-anta-r-phyt-mo>
81. Viv Online. [Sede Web]. Viv online; 2019 [n.d; acceso 10 julio 2020]. Effects of antibiotic and phytogetic feed additives on broilers infected with Eimeria spp. Disponible en: <https://www.viv.net/articles/news/protect-and-improve-phytogetics>.
82. García M M, García E P. Mecanismo de acción antimicrobiana del timol y del carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos. Temas selectos de ingeniería de alimentos. 2008; 2(2): 41-51.
83. Karadas F, Pirgozliev V, Rose SP, Dimitrov D, Oduguwa O, Bravo D. Dietary essential oils improve the hepatic antioxidative status of broiler chickens. British Poultry Science. 2014; 55(3): 329–334.
84. Domínguez IL, Beristain CI, Díaz R, Vázquez A. Degradación de carotenoides y capsaicina en el complejo de inclusión molecular de oleoresina de chile habanero (*Capsicum chinense*) con β -ciclodextrina. CyTA - Journal of Food. 2015; 13 (1): 151-158.
85. Londoño SA, Castaño GA, Núñez LA. Utilización del ají (*Capsicum frutescens*) en la alimentación de pollos de engorda. RCZ. 2017; 3(6): 20-31.
86. Casado A. Propiedades antimicrobianas y liberación de cinamaldehído en films de pla. [Tesis de maestría] Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2016.
87. Pancosma.com. Xtract® [sede web]: [Switzerland](https://www.pancosma.com/es/porotfolio-item/xtract/); Pancosma.com 2016- [acceso 8 junio 2020]. Disponible en: <https://www.pancosma.com/es/porotfolio-item/xtract/>
88. Cid TS, López A. Extractos de vainilla una mezcla de componentes químicos de aroma y sabor. Temas selectos de ingeniería en alimentos. 2011; 5(1): 51-63.
89. Solvay Aroma Performance. Los procesos sintéticos hacia la vainillina. Foods ingredients Brasil. 2014; 31: 80-83.
90. Ragaa N M, Korany R, Mohamed F F. Effect of Thyme and/or Formic Acid Dietary Supplementation on Broiler Performance and Immunity. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2016; 10: 270-279.

91. Lee K W, Everts H, Kappert H J, Frehner M, Losa R, Beynen A C. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British Poultry Science*. 2003; 44(3): 450–457.
92. Vieira S L, Oyarzabal OA, Freitas DM, Berres J, Pena JEM, Torres CA, *et al*. Performance of Broilers Fed Diets Supplemented with Sanguinarine-Like Alkaloids and Organic Acids. *The Journal of Applied Poultry Research*. [Revista en internet] 2008 [acceso 31 julio 2020] 17(1); 128–133. Disponible en: doi :10.3382/japr.2007-00054
93. Schmeller T, Latz-Brüning B, Wink M. Biochemical activities of berberine, palmitine and sanguinarine mediating chemical defence against microorganisms and herbivores. *Phytochemistry*. 1997; 44(2): 257-266.
94. Inegi 1992. Tláhuac. Cuaderno de información básica delegacional. México.
95. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5^{ta} ed. Num 6. México; Instituto de Geografía: 2014.
96. Secretaría de CEIE [sede web]. México: Departamento de zootecnia. [Acceso 8 de junio de 2020] Registros productivos CEIE´s – CEIEPAV. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/zootecnia/ceiepavpolloengorda.html>
97. Ávila E, Carmona J P, Castañeda M P, Cortés A, Fuente B, García G *et al*. Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina. México: Comité editorial de la FMVZ; 2018.
98. Jeong J Y, Janardhanan K K, Booren A M, Karcher D M, Kang I. Moisture content, processing yield, and Surface color of broiler carcasses chilled by water, air or evaporative air. *Poultry science*. 2011; 90(3): 687-693.
99. Gómez D, Salazar J, Vargas A. Impacto del desbalance en los tamaños de muestra por tratamiento sobre el desempeño de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. *Serengueti*. 2019; 2(1): 38-45.
100. Soto L, Salmerón F, Vásquez C. Efecto de la relajación en la selección durante el crecimiento y el desarrollo de estirpes de pollo comercial. *Téc. Pec. Méx*. 1985; 49: 118-124.

ANEXOS

Cuadros

Cuadro 1. Principales metabolitos secundarios de las plantas (52, 54,57, 56).

	Descripción
Terpenos	<p>Los terpenos son el grupo más grande y diverso de metabolitos secundarios.</p> <p>Están compuestos por unidades de isopreno (5 átomos de carbono). La unión de estas unidades forman: Los monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), triterpenos (C30) y tetraterpenos (C40), estos últimos incluyen pigmentos (ej. beta caroteno).</p> <p>Los terpenos son utilizados por su actividad anticarcinogénica antimicrobiana, antiulcerosa etc.</p>
Fenoles	<p>Conocidos como compuestos fenólicos, polifenoles, o fenilpropanoides.</p> <p>Estos metabolitos secundarios proceden del fenol, este está formado por un anillo aromático con un grupo hidroxilo.</p> <p>Este grupo se encuentra integrado por compuestos fenólicos simples como la cumarina, más complejos como la lignina, los flavonoides, pigmentos isoflavonoides, taninos entre otros.</p>
Compuestos con Nitrógeno	<p>Los metabolitos secundarios que contienen nitrógeno en su estructura son los alcaloides, glucósidos cianogénicos y aminoácidos no proteicos.</p> <p>Los alcaloides son moléculas de bajo peso molecular, su estructura presenta un esqueleto de carbonos que proviene de un enlace entre un anillo istoquinolinico y un anillo bencil (reticulina), al modificar dicha molécula se obtienen 13 subgrupos.</p>

Cuadro 2. Métodos de extracción de principios activos de plantas, hierbas y especias (59, 57, 60).

	Descripción
Destilación	Consiste en poner el material vegetal en contacto con el agua y calentar hasta su ebullición, el vapor producido se condensa. El aceite esencial que se encuentra en el agua, se obtiene por diferencia de densidades.
Extracción por solventes	Los solventes se ponen en contacto con el material vegetal para separar la esencia de los restos sólidos. Los disolventes (éter etílico, alcohol, cloroformo etc.) penetran el material vegetal y se encargan de solubilizar la esencia.
Hidrodestilación	Es un método empleado para extraer el aceite esencial de la planta, es decir los compuestos aromáticos volátiles. El proceso consiste en pasar vapor de agua a través del material vegetal, el vapor emergente se enfría hasta su condensación y posteriormente el aceite esencial es separado del agua.
Expresión o prensa fría	Se utiliza en cáscaras o cortezas de cítricos, consiste en ejercer presión o exprimir la cáscara, lo que interfiere con su estructura y permite que el contenido líquido fluya al exterior.

Cuadro 4. Composición de las dietas basales para pollos de engorda Ross 308.

Ingrediente	Pre inicio	Inicio	Crecimiento	Finalizador
Maíz	34.20	34.20	33.41	29.947
Sorgo	20.05	20	20	24.9
Pasta de Soya	32.2	32.3	30.9	25.8
Gluten de Maíz	3.6	3.6	3	2.9
Aceite de Soya	0.7	0.7	0.9	1.5
Ortofosfato	1.25	1.25	1.33	1.35
Ca CO ₃	1.2	1.2	0.8	0.8
Sal	0.17	0.17	0.23	0.27
DL-Metionina	0.31	0.31	0.197	0.195
L-Lisina HCl	0.32	0.32	0.156	
*Vitaminas	0.1	0.1	0.1	0.1
**Minerales	0.1	0.1	0.1	0.1
Otros***	6.12	6.38	8.87	12.13
Total	100	100	100	100

Análisis calculado				
Nutrientes	Pre inicio	Inicio	Crecimiento	Finalizador
EM Kcal/kg	3000	3100	3200	3225
Proteína cruda %	23,0	21,05	19,5	18,0
Lisina %	1,28	1,15	1,02	0,96
Met+ Cist %	0,95	0,87	0,80	0,75
Metionina %	0,51	0,47	0,43	0,40
Treonina %	0,86	0,77	0,68	0,64
Calcio %	0,96	0,87	0,78	0,74
Fosforo no Fit %	0,480	0,435	0,390	0,370
Linoleico %	1,25	1,20	1,00	1,00

A 12, 000, 000 UI, Vitamina D3 2, 5000,000 UI, Vitamina E 15, 000 UI, Vitamina K 2.0 g, Vitamina B1 (Tiamina) 2.25g, Vitamina B2 (Riboflavina) 7.5g, Vitamina B3 (Niacina) 45g, Vitamina B5 (Pantotenato de calcio) 12.5g Vitamina B6 (Piridoxina) 3.5 g, Vitamina B12 (Cianocobalamina) 20mg, Ácido fólico 1.5g, Biotina 125mg.

** Selenio 0.2g, Cobalto 0.2g, Zinc 50g, Manganeseo 110g, Cobre 10g, Yodo 0.3 g, Hierro 50g.

*** Fitasas, carbohidrasas y proteasas

Cuadro 5. Resultados en 49 días de parámetros productivos en pollos de engorda.

Tratamiento	Peso Final (g)	Ganancia de peso (g)	Consumo (g)	Conversión (kg/kg)
1	2565b ± 56	2523b ± 56	5223a ± 87	2.07b±.02
2	2442c ± 34	2400c ± 34	5093a ± 68	2.12c±.01
3	2551b± 59	2510b ± 58	5232a ± 12	2.08b± .01
4	2717a ± 58	2676a ± 58	5485a ± 96	2.05a± .01
5	2600b ± 64	2558b ± 64	5314a ± 77	2.08b±.02

Cuadro 6. Resultados en 49 días del porcentaje de la mortalidad.

Tratamiento	%
1	6.91 a ± 4.13
2	4.61 a ± 2.82
3	2.30 a ± 2.30
4	4.61 a ± 2.82
5	4.61 a ± 2.82

Cuadro 7. Resultados promedio en 49 días de pigmentación amarilla de la piel y porcentaje del rendimiento de la canal.

Tratamiento	Pigmentación cutánea <i>in vivo</i> (b*)	Rendimiento de la canal (%)	Pigmentación de la canal fría (b*)
1	17.38 b ±1.02	72.22a ± 0.83	36.58bc ±1.17
2	15.73 b ± 0.65	71.75a ± 0.33	36.21c ± 0.74
3	18.79 a ± 1.10	71.74a ± 0.74	38.50bc ± 0.89
4	16.07 b ± 0.83	71.74a ± 0.95	41.60a ± 0.81
5	15.11 c ± 0.85	71.38a ± 0.64	40.11ba ± 1.07

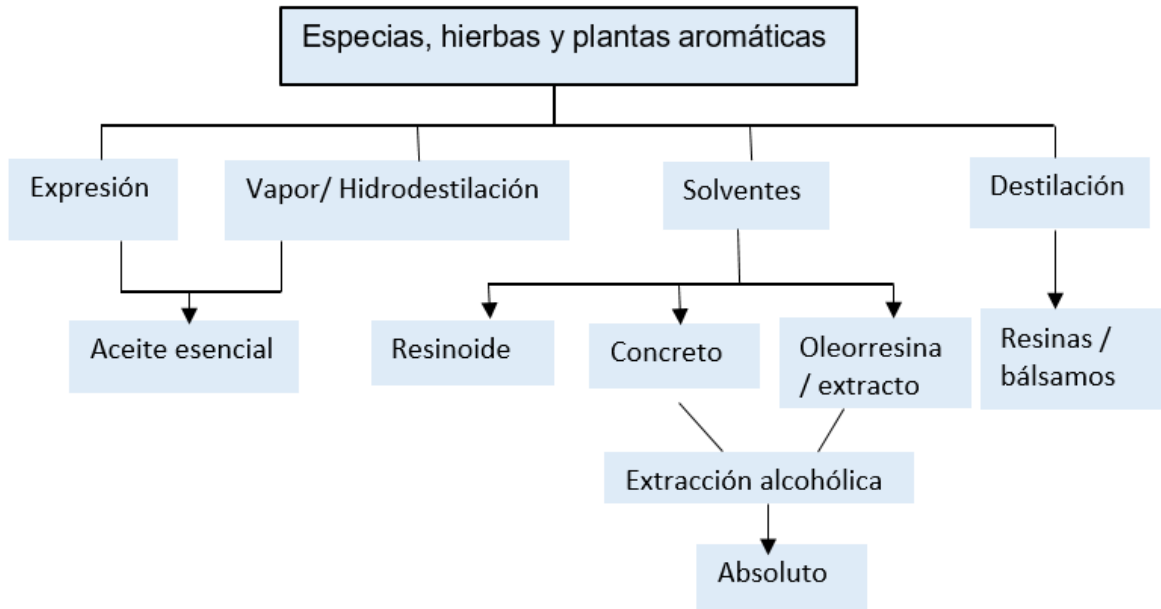
Figuras

Figura 1. Procesos de extracción utilizados y productos obtenidos de especias, hierbas y plantas aromáticas (61).