



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECHNIA

**“EVALUACIÓN DE ANTIBIÓTICOS USADOS COMO
PROMOTORES DE CRECIMIENTO SOBRE LOS PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y MORTALIDAD EN POLLO DE ENGORDA
HEMBRAS”**

TESIS QUE PRESENTA

MIGUEL ÁNGEL GUTIÉRREZ PÉREZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Asesor

Dr. José Arce Menocal

Co-asesor

MC. Luis Garibay Torres

MORELIA, MICHOACÁN. SEPTIEMBRE DEL 2018



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECHNIA

**“EVALUACIÓN DE ANTIBIÓTICOS USADOS COMO
PROMOTORES DE CRECIMIENTO SOBRE LOS PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y MORTALIDAD EN POLLO DE ENGORDA
HEMBRAS”**

TESIS QUE PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL GUTIÉRREZ PÉREZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

MORELIA, MICHOACÁN. SEPTIEMBRE DEL 2018.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a cumplir esta etapa académica, sobre todo al lado de mi familia.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por abrirme sus puertas y permitirme adquirir los conocimientos necesarios en beneficio de mi superación profesional.

A mi novia Karla Victoria Vera Paz principalmente y su familia, de no ser por ella no habría llegado tan lejos, por sus consejos, compañía y apoyo incondicional en todo momento a lo largo de mi carrera y confiar en mí.

A mis padres Rafael Gutiérrez Gómez y Ma. Elena Pérez Hernández, por su apoyo, alientos para seguir adelante y creer en mí.

A mis hermanos Juan, Andrés y Manuel por ser parte importante en mi vida, más que hermanos son mis mejores amigos, que siempre estuvieron cuando los necesitaba.

Irma Gutiérrez, mi tía que en paz descanse, por cuidarme y motivarme a seguir siempre adelante desde pequeño.

A mi asesor Dr. José Arce Menocal por el apoyo incondicional, creer en mí y darme la oportunidad de realizar mi tesis en su granja y crecer profesionalmente en el ámbito de la avicultura.

A mi co-asesor MC. Luis Garibay Torres por su apoyo, amistad y por todo el conocimiento que me ha inculcado.

A mis sinodales con todo respeto.

Nací el día 15 de Enero de 1989 en San Jerónimo Tulijá, Municipio de Chilón Chiapas.

ÍNDICE

No.		Pág.
1.	Introducción	1
2.	Marco teórico	3
	2.1 Antibiótico	3
	2.2 Antibióticos como promotores de crecimiento (APC)	5
	2.3 Prohibición de los APC en la Unión Europea (UE)	9
	2.4 Consecuencias de la retirada de los APC en la UE	14
	2.5 Alternativas en la utilización de APC	17
	2.5.1 Probióticos, Prebióticos y Simbióticos	17
	2.5.2 Ácidos orgánicos	19
	2.5.3 Enzimas	19
	2.5.4 Aditivos fitogénicos	20
	2.6 Bacitracina de zinc (BZ)	20
	2.7 Enramicina	21
	2.8 Bacitracina Metileno Disalicilato (BMD)	21
	2.9 Bienestar animal y normatividad de los APC	22
3.	Objetivos	24
	3.1 Objetivo general	24
	3.2 Objetivos específicos	24
4.	Materiales y métodos	25
5.	Resultados	28
6.	Discusión	30
7.	Conclusiones	32
8.	Bibliografía	33

ÍNDICE DE CUADROS

No.		Pág.
1.	Efectos de los APC en nutrición animal	8
2.	Efectos positivos y negativos de los APC en distintos campos relacionados con la producción animal	14
3.	Efectos de la retirada de los APC en la producción de pollo de engorda	17
4.	Composición de las dietas utilizadas	39
5.	Análisis calculado de la dieta	40
6.	Parámetros ambientales dentro de la caseta (Semana 1, 2 y 3)	41
7.	Parámetros ambientales dentro de la caseta (Semana 4, 5 y 6)	42
8.	Resultados semanales del peso corporal del pollo de engorda hembra suplementado con APC	43
9.	Resultados semanales del consumo de alimento del pollo de engorda hembras suplementado con APC	44
10.	Resultados semanales de la conversión alimenticia de pollo de engorda hembras suplementado con APC	45
11.	Resultados semanales de la mortalidad del pollo de engorda hembras	46
12.	Resultados de mortalidad por síndrome ascítico en el pollo de engorda hembras	47
13.	Costo de producción (MN) por kilogramo de carne producido por concepto de ave y alimento.	48

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objeto de evaluar los parámetros zootécnicos y costos de producción en pollos de engorda, adicionando al alimento antibióticos como promotores de crecimiento (APC). Se utilizaron 800 pollitos hembras de 1 día de edad de la estirpe Cobb 500, los cuales se mantuvieron en producción hasta los 46 días de edad y se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos con cuatro réplicas de 50 aves cada uno. Los tratamientos consistieron en: Un control, sin la adición de APC; como el control + Bacitracina de Zinc 15% (BZ) a una dosis 50 ppm (333 gr por tonelada); como el control + Bacitracina Metileno Disacilato 11% (BMD) a una dosis de 55 ppm (500 gr por tonelada); como el control + Enramicina 8% a una dosis de 10 ppm (125 gr por tonelada). Las medias resultantes de los parámetros productivos y mortalidad se analizaron bajo un análisis de varianza con mediciones repetidas, empleando las semanas de edad como variable del tiempo; el estudio de los costos por kilogramo de carne producidos se analizaron por un análisis factorial 2 x 4; en donde las edades de 42 y 46 días fueron un factor así como los 4 tratamientos. Los resultados al final de la prueba mostraron efectos ($p \leq 0.01$), en el peso corporal; la Enramicina mostro los mayores pesos corporales (2.656 c, 2.776 b, 2.793 b y 2.881 a kg.), con relación al resto de los tratamientos, al igual que la conversión alimenticia (1.819b, 1.817b, 1.788b y 1.681a kg/kg). Sin mostrar efectos ($p \geq 0.05$), entre los tratamientos en la mortalidad general. Existieron diferencias ($p \leq 0.01$), en los costos de producción (18.08d, 17.64c, 17.22b y 16.47a MN), mostrando el control los valores más altos con relación al resto de los tratamientos y el tratamiento con Enramicina los más bajos. Se concluye que la adición de la Enramicina en las dietas del pollo de engorda hembra, mejoró el crecimiento corporal, índice de conversión y costo del kilogramo de carne producido e indirectamente en el bienestar animal.

PALABRAS CLAVE: Pollo de engorda/ Hembra/ Antibiótico como promotor de crecimiento/ parámetros zootécnicos/ Costos de producción.

Abstract

This work was carried out in order to evaluate the zootechnical parameters and production costs in broiler chickens, adding antibiotics as growth promoters (APC) to the feed. 800 female 1-day-old chicks of the Cobb 500 strain were used, which were kept in production until 46 days of age and were randomly distributed in four treatments with four replicates of 50 birds each. The treatments consisted of: A control, without the addition of APC; as the control + Zinc Bacitracin 15% (BZ) at a dose 50 ppm (333 gr per ton); as the control + Bacitracina Methylene Disacylate 11% (BMD) at a dose of 55 ppm (500 gr per ton); as the control + Enramycin 8% at a dose of 10 ppm (125 grams per ton). The means resulting from the productive parameters and mortality were analyzed under an analysis of variance with repeated measurements, using the weeks of age as a time variable; the study of the costs per kilogram of meat produced was analyzed by a factorial analysis 2 x 4; where the ages of 42 and 46 days were a factor as well as the 4 treatments. The results at the end of the test showed effects ($p \leq 0.01$) on body weight; Enramycin showed the highest body weights (2,656 c, 2,776 b, 2,793 b and 2,881 kg), in relation to the rest of the treatments, as well as the feed conversion (1,819b, 1,817b, 1,788b and 1,681th kg / kg). Without showing effects ($p \geq 0.05$), among the treatments in general mortality. There were differences ($p \leq 0.01$) in production costs (18.08d, 17.64c, 17.22b and 16.47a MN), with the control showing the highest values in relation to the rest of the treatments and the treatment with Enramycin the lowest. It is concluded that the addition of Enramycin in female broiler diets improved body growth, conversion rate and cost of the kilogram of meat produced and indirectly in animal welfare.

KEYWORDS: Broiler / Female / Antibiotic as growth promoter / zootechnical parameters / Production costs.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la industria avícola ha tenido que innovar el nivel de tecnología en áreas de la zootecnia como la genética, manejo y bioseguridad, pero sobre todo en nutrición para cubrir la alta demanda de carne de pollo que existe en México, registrando un consumo per cápita de 32.24 kg para el año 2017, para finales de 2018 se estima un consumo de 32.88 kg. (UNA, 2018), debido a los precios relativamente bajos comparada con la carne de bovino y cerdo, lo que hace que la avicultura busque nuevas alternativas que mejoren y hagan más eficiente la producción, considerando aquellas condiciones que garanticen que los animales estén sanos, en instalaciones cómodas y que estén bajo un sistema de alimentación que reúna sus condiciones nutricionales (bienestar animal), así como la importancia de su consumo en salud pública. El alimento, al igual que en otras áreas de la producción pecuaria en la avicultura representa el mayor costo de producción (60 a 65%), por lo que es necesario la investigación de aditivos que ayuden a mejorar la conversión alimenticia, entre ellos están los antibióticos promotores de crecimiento (APC), que en las últimas 6 décadas se han suplementado al alimento de las aves para promover su crecimiento y para protegerlos de microorganismos patógenos, esto ha llevado a una buena cantidad de investigaciones sobre los efectos benéficos de esta práctica sobre los parámetros productivos y las implicaciones en la salud pública (Sumano y Gutiérrez, 2006). El uso de antimicrobianos en nutrición animal (antibiótica y quimioterapéutica) data desde hace más de 50 años. Las primeras experiencias (en pollos) que demostraron efectos como promotores del crecimiento datan del siglo pasado a finales de los años 40, y en la década de los 60 su empleo comercial estaba ampliamente extendido en Europa. En aquellos tiempos se usaban sustancias que a mayores dosis tenían actividades terapéuticas (penicilinas, estreptomicina, tetraciclinas). Muy pronto surgieron críticas a esta práctica, alegando posibles riesgos para la salud humana. En la actualidad el uso de antibióticos en la producción animal se encuentra en polémica, se les asocia con resistencias bacterianas que pudieran transmitirse al humano; razón por la

que se prohibió su uso en la Unión Europea (UE), sin embargo, este tema aún se encuentra en debate en algunos países americanos, en la que están involucrados intereses políticos, comerciales y de proteccionismo. Los beneficios que se reportan en numerosos trabajos en donde se utilizan APC en los sistemas de producción pecuaria, se refiere a ganancia de peso y la mejora en la conversión alimenticia han sido consistentes, así Colín y *et al.*, (1994) indicaron que el bacilo esporulado *Bacillus*, mezcla de lactobacilos, levaduras y enzimas no tuvieron una mejora significativa en la ganancia de peso respecto al testigo; sin embargo, la Bacitracina de Zinc (BZ), mejoro numéricamente el peso corporal y conversión alimenticia con relación al testigo, probióticos y enzimas utilizados en este estudio. Reyes *et al.*, (1999) evaluaron el efecto de Flavofosfolipol y Avoparcina, en pollo de engorda, empleando los programas de alimentación *ad libitum* y restringido; donde encontraron que la Avoparcina mejora la ganancia de peso y la conversión alimenticia comparándola con el grupo testigo tanto en condiciones de consumo a libre acceso como restringido. Guaranga y Wilson (2012), trabajó con diferentes APC así como diferentes dosis, encontrando beneficios zootécnicos en el pollo de engorda; Rosas (2014), reporta beneficios con el uso de fosfato de tilosina en dosis mínimas y máximas. Hoy día, en algunos países del continente americano se siguen utilizando este aditivo en el alimento de las explotaciones avícolas y en muchas ocasiones a nivel comercial no se tiene una valoración de la respuesta zootécnica y económica de la mayoría de ellos, por lo que es importante bajo una forma controlada observar y justificar su inclusión en las dietas de los animales, un estudio similar realizado conjuntamente en machos (Ayala, 2017), mostraron que las mejores conversiones fueron para las aves que estuvieron consumiendo alimento con los antibióticos como promotores de crecimiento; BMD y Enramicina, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar en forma controlada la eficiencia zootécnica y costo-beneficio de algunos antibióticos en el pollo de engorda hembras.

2. MARCO TEÓRICO

Los antibióticos utilizados como promotores de crecimiento están considerados como aditivos siendo el concepto según la Norma Oficial Mexicana NOM – 061-ZOO-1999; cualquier material de uso específico que se incluya en el alimento y favorezca su presentación, preservación, así como la ingestión, aprovechamiento, profilaxis o pigmentación en los animales y sus productos. En la alimentación animal se utilizan con tres fines: para mejorar el sabor o características de las materias primas, alimentos o productos animales, prevenir ciertas enfermedades y aumentar la eficiencia de la producción de los animales. Cabe mencionar que dentro de los aditivos se encuentran algunos suplementos como vitaminas, provitaminas y minerales; sustancias auxiliares como antioxidantes, emulsionantes y saborizantes; agentes para prevenir enfermedades como coccidiostáticos, otras sustancias medicamentosas y agentes promotores de crecimiento como antibióticos, probióticos, prebióticos, simbióticos, enzimas, ácidos orgánicos, entre otros (Ayala, 2017).

2.1 Antibiótico

Los antibióticos constituyen un grupo heterogéneo de sustancias con diferente comportamiento farmacocinético y farmacodinámico, que ejercen una acción específica sobre alguna estructura o función del microorganismo y tienen una elevada potencia biológica actuando a bajas concentraciones y la toxicidad es selectiva, con una mínima toxicidad para las células del organismo.

Dos descubrimientos importantes señalaron el comienzo de una nueva era en la quimioterapia y revolucionaron el tratamiento de las enfermedades infecciosas. El primero fue el descubrimiento en 1935 de los efectos curativos del colorante rojo de Prontosil en las infecciones por estreptococos. Este fue el precursor de las sulfonamidas. El segundo descubrimiento fue el que dio inicio a la edad de oro del antibiótico-terapia, se refiere al descubrimiento de la penicilina y su posterior

desarrollo. Esta fue descubierta por Fleming en 1929 y en 1940 Florey-Chain y colaboradores demostraron y publicaron un informe acerca de su enorme potencia y la posibilidad de su extracción de los sobrenadantes del cultivo del hongo *Penicilium notatum*. El conocimiento actual sobre los mecanismos de duplicación de la bacteria y sobre los mecanismos de resistencia, hace esperar que cada vez más los nuevos antimicrobianos sean sustancias puramente sintéticas con gran especificidad por un sitio de acción previamente elegido y con una adecuada resistencia a la inactivación por los mecanismos de resistencia antibiótica (Anadón, 2007).

A los antibióticos también se les denomina antimicrobianos, según la Norma Oficial Mexicana (NOM-040-ZOO-1995), el cual lo describe como un compuesto químico de origen fermentativo, biosintético o derivado de la síntesis química, cuyo principal efecto farmacológico es la disminución en el número de bacterias, micoplasmas, hongos o de protozoarios en los animales, administrado por vía cutánea, oral o parenteral. Su objetivo es controlar y disminuir el número de microorganismos viables, de modo que el sistema inmunológico de cualquier organismo sea capaz de eliminar la totalidad de los mismos.

Para el estudio de los antibióticos se pueden dividir según la interacción microorganismo – antibiótico en:

• Bactericidas	• Su acción es letal, llevando a la lisis bacteriana
• Bacteriostáticos	• Impiden el desarrollo y multiplicación bacteriana, pero sin llegar a destruirlas.

De acuerdo a la Medicina Veterinaria para su uso se clasifican en:

- ❖ Terapéuticos: A dosis indicadas en un organismo vivo, para el tratamiento de determinadas enfermedades infecciosas, y se administran vía parenteral u oral.

- ❖ Profilácticos: Para la prevención de alguna enfermedad en animales individuales o grupos de ellos.
- ❖ Promotores de crecimiento: Se utilizan en dosis mínimas, como aditivos en el alimento de los animales con el objetivo de mejorar los parámetros productivos, actúan atacando microorganismos intestinales, sin llegar a la absorción al torrente sanguíneo.
- ❖ Metafilaxia: Es una forma de uso que implica el control de ciertas variables clínicas de grupos de animales, todo un lote de animales es tratado para evitar un brote de enfermedad. (Errecalde, 2004; Anadón, 2007).

2.2 Antibióticos como promotores de crecimiento (APC)

Los APC son antibióticos que no se utilizan para tratar enfermedades y a diferencia de los antimicrobianos terapéuticos estos se aplican en el alimento en dosis relativamente bajas de modo continuo durante la producción; son utilizados en avicultura, en producción de cerdos y otras especies, no tienen efectividad en animales libres de gérmenes, su efecto se basa en la interacción con la microbiota intestinal ya que no son absorbidos por el intestino (Ortiz, 2013). Básicamente actúan modificando cuantitativa y cualitativamente la flora microbiana intestinal, provocando una disminución de los microorganismos causantes de enfermedades subclínicas, tienen acción contra microorganismos patógenos especialmente Gram positivos, *Clostridium perfringens* y *E. coli* También actúan reduciendo la flora normal que compite con el huésped por los nutrientes. Todo ello conduce a una mejora en la productividad y reduce la mortalidad de los animales (De Fransechi y Pinto, 2011).

Los APC ejercen efectos benéficos a la producción ya que su uso acelera el crecimiento y aumento de peso en los animales, con lo cual se requiere menos tiempo y alimento para alcanzar el peso ideal al sacrificio.

La propiedad de los antibióticos utilizados para mejorar la tasa del crecimiento, aumentar el peso corporal y alcanzar el peso ideal al sacrificio; se conoce desde el siglo pasado a finales de los años cuarenta, cuando se observó que las aves alimentadas con productos de la fermentación de *Streptomyces aureofaciens* mejoraban su desarrollo. Se identificó el factor de crecimiento en dichos extractos como residuos de clortetraciclina (Torres y Zarazaga, 2002; Sumano y Ocampo, 2006). Posteriormente se confirmó esta propiedad en múltiples antibióticos y para diversas especies animales. Los antibióticos como promotores de crecimiento se han empleado a dosis subterapéuticas durante largos períodos de la vida del animal, produciendo una ganancia de peso estimada alrededor del 5% desde entonces se han venido usando como práctica habitual para mejorar la producción (Ayala, 2017).

Desde la década de los cincuenta, la adición de antibióticos en pequeñas dosis al alimento de los animales de abasto ha venido siendo una práctica habitual para mejorar las producciones. En aquel entonces no se tuvo en cuenta el efecto que el consumo de estos «factores nutritivos» (como se les consideraba en un principio) pudiera tener sobre la resistencia bacteriana. A finales de los sesenta surgieron las primeras voces de preocupación sobre el incremento de la resistencia y la posible relación con el consumo de antibióticos como promotores del crecimiento (Swann Comité Report, 1969).

Aunque hay ciertas diferencias entre las distintas sustancias, desde un punto de vista nutricional las acciones de todos los antibióticos se basan en la inhibición del crecimiento bacteriano en el ámbito intestinal. Estudios con pollos libres de gérmenes (Muramatsu *et al.*, 1994), demuestran su mayor eficiencia metabólica para la energía (12,1%) y la retención de nitrógeno (9,9%). Esto indicaría que las acciones beneficiosas de la microflora o, más propiamente, microbiota intestinal (producción de amilasas, vitaminas del grupo B y ácidos grasos cadena corta; recuperación de nitrógeno; estimulación de la inmunidad local), son compensadas de sobra por sus efectos negativos, sobre todo cuando si prolifera excesivamente. La actividad antimicrobiana de los APC implica que las aves sanas no alcanzan la

totalidad de su potencial genético a causa de la microbiota “normal”, que puede usar para su proliferación los componentes de la dieta, degradar las enzimas digestivas, adherirse a la pared intestinal, reduciendo la absorción de nutrientes (en particular de los lípidos), e incluso llegar a causar inflamación y colonización, invadiendo la mucosa dañada (Taylor, 2001).

La excesiva proliferación microbiana aumenta la secreción de mucus, el espesor y peso del intestino, además la abundancia de células inflamatorias induce una renovación mucho más frecuente de la mucosa, y casi un 20% de su capa proteica superficial es depositada diariamente en el lumen intestinal y desencadena una reacción inmunitaria cuyo coste energético es elevado, a ello se une el gasto de energía que se precisa para la transformación o eliminación de las sustancias tóxicas del metabolismo bacteriano, que equivale a 242 Kcal EM/kg (Walton, 1988; Teeter *et al.*, 2003).

La fermentación bacteriana de sustratos aumenta la producción de calor, que se reduce al usar APC, por lo que las dietas que los incluyen tendrían una mayor eficiencia calórica. Según estos investigadores, el uso de virginiamicina aumenta el valor energético del alimento en 74 Kcal/kg.

En condiciones prácticas, los APC (Walton, 1996):

Acercan la tasa de crecimiento al potencial genético
Mejoran el crecimiento en aves jóvenes en un 5-10%
Mejoran el índice de conversión (-2-3%), y ahorran energía metabolizable
Tienen una relación eficacia/coste positiva
Mejoran el bienestar físico de las aves.

Estos efectos, que disminuyen con la edad, son más pequeños en aves que poseen un alto status sanitario. Por tanto, la magnitud de los efectos de los APC depende de la calidad del ambiente y del manejo. La actividad terapéutica de los APC es muy baja o nula, por lo que de poco sirven si se declaran en la parvada las enfermedades infecciosas o parasitarias más clásicas en patología aviar; su

acción antimicrobiana se dirige especialmente a las bacterias Gram +, entre ellas *Clostridium spp.* Por esta razón está claro que juegan un papel en la prevención de patologías intestinales, en particular de la enteritis necrótica, y esto puede contribuir a que se desarrollen menos resistencias a los antibióticos terapéuticos más utilizados. Aunque en realidad los APC más bien facilitan que promuevan alcanzar óptimos crecimientos, sus críticos se han centrado en este último concepto, olvidando sus beneficios para la salud y el bienestar de los animales.

Finalmente, los antibióticos tienen un papel en la protección del medio ambiente, a través de la disminución del índice de conversión y de la mejora de la digestibilidad del alimento, con la consiguiente reducción de excreciones. Best, en el año 1992 calculaba que su uso en ganado porcino en la entonces UE-12 equivalía a un ahorro de 2.3 millones Tm de alimento, 300.000 Tm de proteína y 6.900 millones de litros de agua, disminuyendo la producción de heces en 7 millones de m³ y su contenido en nitrógeno en 130.000 Tm.

El Cuadro 1, resume la complejidad de las acciones de los APC. Sus teóricos sustitutos tendrían que ser capaces de ejercer las mismas acciones, y a un coste económico comparable.

Cuadro 1. Efectos de los APC en nutrición animal (Anderson *et al.*, 1999)

Efectos	Fisiológicos	Nutricionales	Metabólicos
Aumentan	Absorción de nutrientes Consumo de pienso	Retención de energía y nitrógeno Absorción glucosa, ácidos grasos, calcio, vitaminas, micro-elementos Nutrientes en plasma	Síntesis hepática proteínas Fosfatasa alcalina en intestino
Disminuyen	Tiempo tránsito intestinal Peso, longitud y diámetro de la pared intestinal Multiplicación células mucosa Humedad en heces	Pérdida de energía en intestino Síntesis de vitaminas	Producción amoníaco y aminos tóxicas Fenoles aromáticos Prod. degradación biliar Oxidación ácidos grasos Excreción grasa en heces Ureasa microbiana intestinal

Desde otro punto de vista los APC:

- a) Evitan que la microflora del intestino delgado superior desdoble y utilice los nutrientes de la ración para su beneficio propio con la producción de metabolitos tóxicos o irritantes para la pared intestinal como las aminas y el amoníaco en el caso de las proteínas y aminoácidos o el ácido láctico en el caso de carbohidratos y monosacáridos (Roldán y Lina, 2010).
- b) Controlan el crecimiento de bacterias nocivas como el *Clostridium perfringens* que producen toxinas muy potentes y cuando no se controlan pueden causar brotes de enteritis necrótica en las aves.
- c) Reducen el ritmo de tránsito de la digesta, aumentando así la absorción de los nutrientes (Buenaño y Páez, 2014; Sumano y Gutiérrez, 2010).
- d) Los APC simplemente previenen que se engrose de la pared intestinal debido a la inflamación causada por productos irritantes y tóxicos que se producen como consecuencia de la producción de metabolitos por la microflora intestinal. La diferencia es sutil pero importante, la pared intestinal no se “adelgaza” sino que se mantiene del grosor normal que cuando se compara con la de aves sin antibióticos, debido a que se previno su engrosamiento por la reacción inflamatoria en respuesta al ataque bacteriano, además de la disminución de ácidos grasos de cadena corta, derivados de fermentación microbiológica y mejoran el bienestar animal al reducir estrés inmunológico y el gasto de nutrientes para producir una respuesta inflamatoria a nivel intestinal debido a los ataques bacterianos (Cervantes, 2013).

2.3 Prohibición de los APC en la Unión Europea (UE)

La sensibilidad del consumidor hacia los productos de origen animal se ha incrementado, y la preferencia por productos de mejor calidad y producidos de forma más natural es cada vez más frecuente

Los cambios ocurridos recientemente en los sistemas de producción animal de los países pertenecientes a la UE no solo son debidos al temor de la posible relación entre la utilización de los APC en la industria pecuaria y la aparición de ciertos microorganismos resistentes a antibióticos empleados en terapéutica humana, además de diversas crisis de seguridad alimentaria sufridas en la industria de la producción animal de estos países, por ejemplo: Encefalomiелitis espongiforme bovina (enfermedad de Creutzfeldt- Jacob), contaminación por dioxinas y otros accidentes que han tomado parte importante en establecimientos de estas nuevas medidas (Halfhide, 2003; Brufau, 2012).

La posibilidad de que las bacterias del tracto digestivo de animales puedan servir como reservorio y causar diseminación de microorganismos resistentes a antibióticos empleados en terapéutica humana continúa siendo dudosa, probablemente la decisión de la prohibición de los APC dentro de la UE ha sido basada sobre un principio de precaución o del manejo del riesgo, donde no solo el factor científico ha sido el más determinante sino, además otros factores como análisis riesgo-beneficio, sociales, financieros y éticos que han sido tomados en cuenta para adoptar estas medidas. Desde el siglo pasado durante los años sesentas, empezó la preocupación sobre la utilización de los APC adicionados al alimento de los animales, relacionándolos con la creación de resistencias bacterianas a antibióticos que se usan o usaban en la terapéutica humana. Debido a esto para el año de 1969 se creó un informe británico de Swann, en donde se alertaba del posible riesgo de resistencia bacteriana en animales y que estas pudieran pasar al ser humano, por lo que se recomendaba no usar antibióticos que se utilizaran en la terapéutica humana o que mostraran mecanismos de resistencias cruzadas como promotores de crecimiento en los animales, (Swann Comité Report, 1969; Phillips *et al.*, 2004).

En 1970 se publicó la directiva 70/524 sobre el uso de aditivos en la alimentación animal dentro de la Comunidad Económica Europea, en donde se estableció que solo podrían emplear como APC aquellas sustancias que tuvieran efecto demostrado en el crecimiento animal, que fueran activas contra bacterias Gram

positivas, y que no se absorbieran a nivel digestivo para prevenir la existencia de residuos en productos de origen animal.

También se especificó que los antibióticos que fueran utilizados en la terapéutica animal y humana como las tetraciclinas y β -lactámicos, serían restringidos en su empleo como APC en el alimento de los animales. Para mediados de los noventa, en diversos países Europeos se aislaron cepas bacterianas de *Enterococcus spp.* Persistentes a la Vancomicina a partir de muestras de alimentos, aguas residuales, heces en humanos y de animales sanos no obstante, este tipo de cepas no eran identificadas en muestras clínicas (Robredo *et al.*, 2000; Ayala 2017).

Esto represento un riesgo para la salud humana ya que la Vancomicina constituye una alternativa terapéutica viable para el tratamiento de infecciones graves a causa de *Enterococcus* multi-resistentes, microorganismos presentes en la flora microbiana normal del tracto digestivo de humanos y animales, y que frecuentemente se encuentran implicados en infecciones graves en humanos (Murray, 2000).

Los estudios epidemiológicos realizados sobre el uso de Avoparcina en animales en Europa y del elevado empleo de Vancomicina en humanos en EUA, podrían explicar las distintas características epidemiológicas de resistencia a la Vancomicina en cepas de *Enterococcus* en ambos continentes. Aunque esta aseveración no ha sido bien esclarecida aún, se podría pensar que las cepas bacterianas resistentes de animales podrían pasar a través de la cadena alimenticia al humano y transferir sus genes de resistencia a los *Enterococcus* del intestino, los cuales posteriormente podrían provocar infecciones (Murray, 2000).

A partir de 1986, inician una serie de prohibiciones entre los países Europeos para la utilización de los antibióticos en alimentos para animales. Por ejemplo, el gobierno Sueco estableció que los antibióticos y químico-terapéuticos solamente podrían ser incorporados en dietas para animales para aliviar o curar enfermedades y no para promover la eficiencia productiva.

A partir de 1995, Suecia se une a la UE y mediante el Tratado de Adhesiones le permite prohibir el uso de APC hasta finales de 1998. Durante este período otros estados miembros de UE (Dinamarca, Alemania y Finlandia), impusieron cláusulas de protección contra ciertos antibióticos como la Avoparcina, Tilosina, Espiramicina y Virginamicina, que eran autorizados en alimentación animal como APC (Cervantes, 2013; Ayala 2017).

Finalmente, a partir de las opiniones de las instituciones científicas Europeas, en 1997, la Comisión Europea efectuó la suspensión o prohibición del empleo de la Avoparcina en la alimentación animal. Al finalizar 1998, el Consejo de Ministros de la UE, suspendió la autorización como aditivos del Fosfato de Tilosina, Espiramicina, Bacitracina de Zinc y Virginamicina (Cervantes, 2013).

En 1999, el Comité Científico de Dirección de la Comisión Europea, publicó su opinión sobre la resistencia hacia los antimicrobianos, considerando componentes ecológicos para la transferencia: humanos, animales, plantas, y mantos freáticos; siendo los factores comunes entre estos los antimicrobianos, bacterias y los genes que modifican la resistencia.

En el año 2003, el diario oficial de la UE publicó la regulación número 183/2003 sobre los aditivos empleados en nutrición animal, estableciendo que los antibióticos usados para promover el crecimiento en alimentación animal ya no serían permitidos a partir del 1 de enero del 2006. El primer país en prohibir el uso de los antibioticos en los animales destinados al consumo humano fue Suecia en 1986 cuando aún no era miembro de la UE, después le siguió Dinamarca y Finlandia, en 1995 cuando Suecia y Finlandia formaron a ser parte de la UE, les otorgaron leyes especiales en cuanto al uso de los APC ya que en la UE aún se permitía su uso, sin embargo estas excepciones caducaron en 1998 y los países escandinavos pusieron presiones políticas para obligar a la comisión europea a adoptar las nuevas leyes en cuanto a la prohibición del uso de APC en el resto de los países miembros de la UE (Cervantes,2009).

Los defensores de los APC destacan la escasez de estudios científicos, el frecuente uso de metodologías inadecuadas; parece que se confundían *E. Faecium* y *E. Faecalis*, éste último naturalmente resistente a la avoparcina, su falta de reproducibilidad, y que no demuestran relación directa entre cepas resistentes aviares y humanas, alegando que si tras 50 años de uso aún son muy eficaces no pueden inducir resistencias importantes. También destacan el efecto de la cocción sobre los posibles residuos de APC, que además no pasan la barrera intestinal, y el hecho de que pocas bacterias de origen animal son capaces de colonizar el intestino humano, paso previo para que puedan producir plásmidos y transmitir resistencias. Algunos organismos científicos europeos opinan que la sobreutilización en medicina humana es el principal factor de desarrollo de resistencias bacterianas a los antibióticos.

Las principales razones de la prohibición del uso de los antibioticos , es el aumento de las resistencias bacterianas a antibióticos utilizados para la terapéutica en humanos, aunque aún no se ha demostrado que haya una relación directa, sin embargo, lo que ya es un hecho es la modificación en la alimentación humana en la que el consumidor exige productos libres de antibióticos, siendo la principal razón de su retirada (Cepero, 2005).

En la actualidad se han puesto a los antibióticos como un gran riesgo para la salud y aún está en debate la creación de resistencias antimicrobianas, es una preocupación en la población que ha llevado a la creación de iniciativas como la de “Día de la conciencia Europea de antibiótico” y en EUA se creó en el 2015 la primera semana de sensibilización mundial de antibióticos, esto con el fin de concientizar a la población y promover el uso responsable de antibióticos tanto en animales como en humanos con el objetivo de disminuir el uso de antibióticos utilizados en animales que son destinados al consumo humano (Pridchard, 2016)

2.4 Consecuencias de la retirada de los APC en la UE

Los defensores de su prohibición también utilizan otros argumentos (Cuadro 2), consideran que la retirada de los APC contribuye a generar costos excedentes de productos animales, y denuncian que se posterga la salud humana en favor de los intereses económicos.

Cuadro 2. Efectos positivos y negativos de los APC en distintos campos relacionados con la producción animal (Edqvist y Pedersen, 2001)

Campo de acción	Efectos positivos	Efectos negativos
Alimento	Ninguno	Enmascaran mala calidad pienso Dificultan mejoras en formulación y desarrollo de alternativas
Manejo	Mejoran producción y productividad	Estimulan una mayor intensificación
Sistema producción	Reducen necesidad mano de obra al permitir sistemas más intensivos	Limitan desarrollo sistemas alternativos
Salud animal	Algunas enfermedades (entéricas) pueden controlarse hasta cierto punto	Limitan posibilidades terapéuticas por desarrollo de resistencias Ocultan enfermedades subclínicas Menos incentivos para mejorar higiene
Bienestar animal	Alivian signos de enfermedad	Ocultan estrés por mal manejo Permiten mayores densidades de cría
Impacto ambiental	Mejor utilización del pienso Menos estiércol	Aumentan pool ambiental de genes RA Residuos de antibióticos
Salud humana	Ninguno	Transferencia de resistencias a humanos Acortan la vida de antibióticos médicos Riesgos laborales por aerosoles y polvo contaminados con antibióticos

Desde la prohibición de los antibióticos ha ocurrido cambios para los productores tanto consumidores, entre ellas destacan, el precio de los productos se incremento entre un 5 y 8%, debido la pérdida de los índices de conversión alimenticia ya que las aves tienen que aumentar el consumo de alimento y permanecen más tiempo en producción para llegar al peso para mercado, aumento de casos de enfermedades entéricas principalmente enteritis necrótica, índice de mortalidad, aumento de la utilización de antibióticos con fines curativos que con el uso indiscriminado puede llevar a un aumento de resistencias bacterianas. Una de las consecuencias más preocupantes es el aumento de casos de *Salmonella* y *Clostridium perfringens* en aves, pues el uso de APC ayuda a disminuir o evitar la colonización en el intestino de estas bacterias, que son causa principal de zoonosis (Cancho et al., 2000; Cepero, 2005).

Investigadores del Instituto Veterinario Nacional de Oslo, Noruega en el 2001 reportaron problemas severos en parvadas de pollos de engorda con alta incidencia de hepatitis asociada al *Clostridium perfringens*, el estudio retrospectivo comprendió los primeros dos años después de la prohibición de la Avoparcina, los investigadores concluyeron que las principales causas fueron debido al deterioro de la conversión alimenticia y menores pesos al final del ciclo productivo.

Los casos por *Clostridium perfringens* tipos A y C representa un peligro en la salud humana si se encuentra presente en la carne de ave ya que puede causar intoxicación alimenticia y enteritis necrótica en humanos, respectivamente (Cervantes, 2009).

Sin embargo, con la retirada de los antibióticos también exige mejorar la sanidad de las granjas con cambios de manejo en el ambiente, en el bienestar animal con la reducción de población e implementaciones de programas de control contra enfermedades. En países donde se prohibieron como Suecia y Dinamarca, estudios realizados han demostrado que no se han visto afectados los índices de morbilidad por enfermedades como *salmonella* y enteritis necrótica, mortalidad y productividad de pollo, sin embargo los índices de conversión si han aumentado (Cepero, 2005).

La Universidad de Ghent en Bélgica llevo a cabo un análisis independiente para determinar el modelo sueco de no uso de APC, donde se concluyó la existencia de pérdidas de índices productivos y aumentos de costos de producción por un aumento en el consumo de alimento, menor eficacia productiva y un mayor uso de antibióticos terapéuticos. También señaló que la prohibición había causado un efecto negativo en el medio ambiente al incrementar el consumo de alimentos y agua, así como la producción de desechos animales, señalando que los métodos alternos usados para tratar de prevenir enfermedades entéricas en los animales de producción como la adición del Óxido de Zinc, había resultado en la combinación del suelo con concentraciones altas de Zinc, considerado un metal pesado (Cervantes, 2009).

El banco de Dinamarca DINMAP (1998 – 2007) ha declarado continuos aumentos anuales en la cantidad de antibióticos recetados a los animales de producción donde se consumían 57,300 kg de antibiótico puro, en el primer año reportado se consumieron 121,100 kg del mismo, lo que corresponde a un incremento de 101% y es debido a un aumento en la cantidad recetada de antibióticos para el tratamiento de animales enfermos, de acuerdo a los kg de carne producida después de la prohibición de los APC y dividiendo en total de miligramos de antibiótico puro consumidos, se calcula que ha habido un aumento del 90% en el consumo de antibióticos terapéuticos por kg de carne producida (Cervantes, 2009).

Teniendo en cuenta las acciones beneficiosas de los antibióticos, es esperable un empeoramiento de las producciones y del índice de conversión, un aumento de las patologías digestivas y de la tasa de mortalidad (Cuadro 3); por lo tanto, un aumento del coste de producción; todo ello de forma más notable en pollos de carne que en ponedoras en jaula, cuya edad y sistema de alojamiento, que las separa de sus heces, las hace menos propensas a patologías digestivas de ciclo oral-fecal como la clostridiosis.

Cuadro 3. Efectos de la retirada de los APC en la producción de pollo de engorda (Cepero, 2005)

Concepto	Promedio	Rango de Variación
Mortalidad	+ 0,1 %	-1,3% a +1.0%
Peso vivo a 42 días	- 50 g	0 a 150 g
Coef. variación peso vivo	+ 1,8%	+ 0,2% a +3.3%
Índice conversión	+ 0,04	0 a + 0.08

2.5 Alternativas en la utilización de APC

Al establecerse el uso de aditivos en los alimentos de animales de producción, los nutricionistas se vieron obligados a buscar fuentes de aditivos que tengan efecto similar a los APC y que no causen daño en la salud pública. En los últimos años se han realizado estudios para desarrollar aditivos que mejoren la conversión alimenticia y la ganancia de peso con efectos a los que tienen los APC, que sean de fácil acceso y que sean redituables.

2.5.1 Probióticos, Prebióticos y Simbióticos

Los probióticos (pro-vida), han sido definidos como microorganismos vivos que al ser suplementados al alimento de animales, pueden provocar efectos benéficos en el huésped al mejorar el balance intestinal de microorganismos (Fuller, 1989).

Las sustancias denominadas prebióticos son ingredientes no digeribles que al ser consumidos por el animal pueden ser utilizados como sustratos por bacterias específicas digestivas, provocando una estimulación del crecimiento y actividad de grupos selectivos bacterianos en los órganos digestivos (Gibson y Roberfroid, 1995). La utilización de forma conjunta de sustancias prebióticas que sirven de sustrato para la proliferación y actividad de microorganismos prebióticos con la finalidad de mejorar el balance de microorganismos y condiciones digestivas del animal, ha sido definida como productos simbióticos.

En la UE hasta el año 2006, fueron autorizadas 22 preparaciones de microorganismos probióticos como aditivos alimenticios para producción animal. Dentro de ellos, 7 correspondían a probióticos autorizados para la avicultura, todos ellos en pollos de engorde, uno en pavos y uno en gallinas ponedoras. Los organismos autorizados correspondían a géneros bacterianos de *Enterococcus*, *Bacillus* y en un caso *Pediococcus*. Otros microorganismos utilizados como aditivos probióticos son las levaduras de las especies de *Saccharomyces cerevisiae* o *Kluyveromyces* (Anadón *et al.*, 2006).

Dentro de las sustancias prebióticas, los principales aditivos corresponden a productos a base de fructo-oligosacáridos (FOS, oligo-fructuosa e inulina). No obstante, otro tipo de productos también han sido investigados para llevar a cabo esta función en el animal: trans-galactoligosacáridos, glucoligosáridos, glicoligosacáridos, lactulosa, lactitol, maltoligosacaridos, xiloligosacáridos y los siguientes polisacáridos: fructoligosacáridos, agaroligosacáridos, mananoligosacáridos, arabinoxilanos, estaquilosa, rafinosa y sucrosa (Collins y Gibson, 1999).

Los mecanismos de acción de los microorganismos probióticos y sustancias prebióticas son conocidas solo en parte. De acuerdo a distintas investigaciones realizadas en humanos y animales, los mecanismos de acción que estos aditivos pueden ejercer en el tracto digestivo del huésped, incluyen los siguientes efectos: competición por sitios y sustratos bacterianos; producción de compuestos tóxicos que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos; reducción de la colonización de bacterias patógenas; modificación de las poblaciones bacterianas; modificación del sistema inmunitario; prevención de cáncer y reducción de los triglicéridos, colesterol y otros compuestos (amonio, escatol, indol, p-cresol y fenol) (Simmering y Blaut, 2001).

2.5.2 Ácidos orgánicos

En los últimos años se ha impuesto el uso de ácidos orgánicos (fórmico, láctico, acético, propiónico, cítrico, málico y fumárico) y de sus sales, por aparecer en la lista de aditivos autorizados por la Unión Europea, permitiéndose su uso en todas las especies. Son sustancias acidificantes que poseen al menos un grupo carboxilo (-COOH) en su molécula, se disuelven en cloroformo, éter o benceno; se usan principalmente como conservadores (Jaramillo, 2012).

Accionan sobre la microflora intestinal mediante dos mecanismos: el primero, reduciendo el pH del alimento y del tracto digestivo, creando un entorno negativo para el crecimiento de microorganismos patógenos como *E. coli*, *Clostridium* y *Salmonella* y segundo, tienen un efecto antimicrobiano específico debido a la forma no disociada, alternando varios procesos esenciales para la vida de los microorganismos principalmente Gram negativos. Estos atraviesan la membrana lipídica de la célula bacteriana, quedando expuesto al pH neutro interno de la bacteria, en donde se disocia liberando protones (H⁺) y aniones (A⁻) (González *et al.*, 2013).

2.5.3 Enzimas

Las enzimas son proteínas que catalizan diferentes reacciones bioquímicas, actúan a nivel digestivo, las principales enzimas utilizadas en la nutrición animal son b-gluconasa, xilanasa, a-amilasa, a- galactosidasa, fitasas, celulasas y proteasas, usadas como mejoradoras de la digestibilidad para hidrolizar polisacáridos no almidón presentes en los cereales (Brufau, 2014).

Cada enzima difiere en su modo de acción y algunas aún no se sabe cómo funcionan. Sin embargo, la función de algunas de ellas son eliminar factores anti-nutritivos de los alimentos, aumentar la digestibilidad de determinados nutrientes, complementar la actividad de las enzimas endógenas de los animales y aumento de las mismas, reducir la excreción de compuestos como fósforo y nitrógeno, ruptura de la pared celular y liberación de nutrientes unidos a dicha pared, y cambios en la digestión de nutrientes hacia lugares más eficientes (Ravindran, 2010). Su principal uso en la avicultura es para mejorar el aporte de fosforo y

mejorar la digestibilidad de cereales conocidos como viscosos, como el trigo, avena, cebada, centeno y tritical (Aguilera, 2016).

El uso de enzimas en la alimentación de las aves no solo representa una mejora en el valor nutricional de los alimentos, también representa una mayor variabilidad de los alimentos a la planta y más ganancias al productor (Acosta y Cárdenas, 2006).

2.5.4 Aditivos fitogénicos

Los aditivos fitogénicos son polvos hechos de extractos estandarizados de principios activos de diferentes especias y plantas que se micro-encapsulan para un mejor almacenamiento y resistencia al proceso térmico. Entre ellos se encuentran el chile, ajo y cebolla de los que se extraen compuestos que aumentan el flujo sanguíneo; el romero o tomillo de los cuales se obtienen antioxidantes y saponinas que reducen el amoniaco y mejoran la digestibilidad, y los cítricos se obtienen flavonoides que funcionan como antioxidantes para reducir el estrés oxidativo (Ruiz, 2015). El efecto que han demostrado los aditivos fitogénicos sobre el crecimiento se relacionó inicialmente con su poder antimicrobiano, mejorando la función intestinal y ejerciendo no solo efectos terapéuticos si no preventivos (Grilli y Rossi, 2016). Funcionan estimulando la producción de jugos gástricos y enzimas en el sistema digestivo, mejorando la digestión de nutrientes y por lo tanto aumenta la disponibilidad de los mismos y de los minerales para la absorción. Fortalecen el sistema inmunitario ya que reducen la inflamación intestinal (Ruiz, 2015).

2.6 Bacitracina de zinc (BZ)

La BZ pertenece al grupo de los antibióticos polipéptidos, es producida por ciertas cepas de *Bacillus licheniformis* y por *Bacillus subtilis* cepa Tracy, que es un ácido orgánico polipéptido, constituidos por varios componentes, entre ellos los más importantes son el A, B y C. En general, es un polvo blanco o amarillo parduzco, casi inodoro y con sabor amargo, higroscópico e hidrosoluble, es

insoluble en éter, en cloroformo y en acetona, es estable en soluciones ácidas e inestables en alcalinas. La absorción en el tracto digestivo es nula, cuando se administra por vía oral se elimina íntegramente en las heces (Ortiz, 2013).

Tiene un efecto bactericida dependiendo de la dosis, inhibe la síntesis de la pared celular al impedir la formación de filamentos péptidoglucano y ésta hace a la bacteria osmóticamente sensible llevándola a la lisis, por lo que tiene efecto en bacterias Gram positivas. Su acción exige la presencia de cationes bivalentes como el zinc. Se usa en medicina veterinaria como promotor del crecimiento y ha sido evaluada con poco éxito en tratamientos contra *enterococos* vancomicina-resistentes (Sumano y Ocampo, 2006).

2.7 Enramicina

Proviene de los polipéptidos, formado por dos moléculas; la Enramicina A y B, producido por *Streptomyces fungicidicus*. Inhibe la pared celular, no presenta problemas de teratogenicidad, mutagenicidad, irritación local o antigenicidad, además de presentar un amplio margen terapéutico y presenta una actividad bactericida principalmente contra bacterias Gram positivas. En condiciones aeróbicas y anaeróbicas, posee una buena actividad contra *Clostridium perfringens*, responsable de la enteritis necrótica en aves. Debido a que la Este antibiótico no es absorbida en el tubo intestinal por lo tanto no hay riesgo de la presencia de residuos en tejidos y generalmente se utiliza en la forma monohidrocilato. No se ha reportado resistencia cruzada con otros agentes antimicrobianos (Sumano y Ocampo, 2006).

2.8 Bacitracina Metileno Disalicilato (BMD)

BMD es un antibiótico polipeptídico producido por cepas de *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*, se administra a cerdos, pavos y pollos de engorda; en estos últimos para la prevención y control de bacterias Gram positivas como *Clostridium perfringens* que causa enteritis necrótica, una de las enfermedades más comunes en aves de producción, también está indicada para

optimizar el desempeño productivo mejorando la conversión alimenticia y aumentando la ganancia de peso por lo que se utiliza como APC, no se absorbe en el tracto intestinal y no desarrolla residuos detectables en los tejidos, no causa resistencia transferible entre las bacterias contra el medicamento (Velandia y Carolina, 2008).

2.9 Bienestar animal y normatividad de los APC

El bienestar animal de las aves domésticas o de corral es importante por motivos éticos y prácticos. Desde el punto de vista ético, los pollos tienen un grado suficiente de conciencia o “capacidad de sentir” como sufrir si su salud es deficiente o sentir privaciones si están mal alojadas (Seclen, 2015).

En el Reino Unido el bienestar de los animales de granja se considera una disciplina formal desde 1965, la Comisión Brambell estableció que los animales de granja debían de tener ciertas “libertades” básicas de movimientos, sin embargo en 1979 fueron modificadas, estableciéndose que los animales deben tener: libertad de no padecer hambre ni sed; libertad de no sufrir molestias; libertad de no sufrir dolor, heridas o enfermedades; libertad de expresar un comportamiento natural y libertad de no padecer miedo ni angustia (Nicol y Davies, 2011).

Es importante considerar que la evaluación del bienestar animal en la producción aviar se logra a partir de la medición de indicadores cuantificables, partiendo del hecho de que la calidad de vida óptima de un animal debe corresponder al 100% de bienestar animal, mientras que su ausencia corresponde al 0% (Corredor, 2016). Existen países que han realizado protocolos de bienestar en aves domésticas como la cría libre (*free-range*), sin embargo, este tipo de crianza no ha dado los resultados esperados, pues muchos estudios se le relaciona con mayores tasas de mortalidad, mayor incidencia de canibalismo y presencia de fracturas entre otros aspectos que afectan negativamente en el bienestar animal (Corredor, 2016). Se puede reconocer el bienestar animal con el llevar a cabo buenas prácticas de manejo en donde se debe considerar aspectos como

alojamiento en instalaciones adecuadas, evitando hacinamiento o sobre población tomando en cuenta la etapa productiva y la densidad máxima permitida (SAGARPA, 2009).

En las aves, a través de la nutrición por medio de aditivos como los antibióticos promotores de crecimiento, se puede mejorar el bienestar animal al reducir el estrés inmunológico y el gasto de nutrientes para producir una respuesta inflamatoria intestinal debido a los ataques bacterianos, reduciendo la mortalidad y mejorando los parámetros productivos (Cervantes, 2013).

La Norma Oficial Mexicana NOM-061-ZOO-1999, en las especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para el consumo animal, prohíbe en la formulación de productos alimenticios destinados para el consumo de animales el uso de aditivos como cloranfenicol, cristal violeta, pigmentos sintéticos del grupo de los sudanes, clenbuterol, así como aquellos aditivos que comprobadamente pueden ser nocivos para la salud pública o representen un riesgo zoosanitario y con respecto a los antimicrobianos utilizados como moduladores de crecimiento solo especifica la forma de comercialización citada en la Norma Oficial Mexicana NOM-040-ZOO-1995, en las especificaciones para la comercialización de sales puras antimicrobianas para uso en animales o consumo por estos, en la que no se prohíbe el uso de ellos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros zootécnicos en pollos de engorda hembras, adicionando al alimento antibióticos como promotores de crecimiento.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad general, que son índices que ayudan al bienestar animal.
- Obtener el costo por kilogramo de carne producido por concepto de alimento y ave.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una granja avícola, localizada en el Municipio de Charo, Michoacán en las coordenadas 19° 45' de latitud norte y 101° 03' de longitud oeste, a una altura de 1,900 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con Tarimbaro y Álvaro Obregón, al este con Indaparapeo, al sur con Tzitzio, al oeste y sureste con Morelia. Su distancia a la capital del Estado es de 15 kms. La temperatura mínima promedio es de 4.5°C y la máxima promedio de 36.4°C. Predomina el clima templado con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial de 1145.5 milímetros (INAFED, 2015).

Para la realización del trabajo se contó con una caseta de ambiente natural con cama acumulable, equipo de iniciación: bebederos manuales de 2 litros y charolas de plástico (2/50 aves) y equipo de finalización: bebederos automáticos redondos (2/ 50 aves) y comederos manuales de tolva (2/50 aves), los cuales se encontraron dentro de las cantidades propuestas por Quintana (2011), para facilitar el acceso de agua y alimento a todos los pollos.

Se utilizaron 800 pollitos hembras de 1 día de edad de la estirpe Cobb 500, los cuales se mantuvieron en producción hasta los 46 días de edad y se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos con cuatro repeticiones de 50 aves cada uno. Los tratamientos consistieron en: Un control, que consistió en utilizar un alimento tradicional sin la adición de APC; el segundo como el tratamiento control más la adición de Bacitracina de Zinc al 15 % (SAGARPA Q-6173-011) a una dosis 50 ppm (333 gr por tonelada); el tercero fue como el tratamiento control más la adición de BMD 11% (SAGARPA Q-0001-225), a una dosis de 55 ppm (500 gr por tonelada) y el cuarto como el control más la adición de Enramicina 8% (SAGARPA Q-0273-061) a una dosis de 10 ppm (125 gr por tonelada), todos ellos durante toda la vida productiva.

Durante el desarrollo de la prueba los APC se encontraron registrados para su utilización en SAGARPA, en la NOM-061-ZOO-1999 Norma Oficial Mexicana, en las especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para el consumo animal y en la NOM-040-ZOO-1995, en las especificaciones para la

comercialización de sales puras antimicrobianas para uso en animales o consumo por éstos, no se encuentran mencionados bajo regulación a los polipéptidos utilizados.

El alimento fue preparado cubriendo las necesidades establecidas para el pollo de engorda según el Manual Cobb 500 (2012) y se proporcionó en tres fases: iniciación de 1-21 días, crecimiento de 22-35 días y finalizador de 36-46 días (Cuadro 4), administrado a libre acceso al igual que el agua, se mantuvieron con un fotoperiodo de luz natural y con una densidad de población de 10 aves / m². El programa de manejo y sanitario fue similares para los distintos tratamientos; el pollo se vacuno contra Marek, Viruela y Gumboro en la planta incubadora y posteriormente se aplicaron 2 vacunas contra Newcastle por vía ocular (8 y 25 días de edad).

Las variables evaluadas semanalmente fueron:

- a) **Peso corporal de las aves (g):** Se pesaron la totalidad de los pollos semanalmente para cada una de las réplicas y se calculó el peso corporal promedio por ave, acorde con el número de aves vivas al momento del pesaje y se obtuvo la ganancia de peso semanal.
- b) **Consumo de alimento (g):** Se pesó el alimento ofrecido al inicio y el residual al final de semana de cada réplica. Se calculó el consumo promedio por ave semanal según el número de aves vivas al final de la semana.
- c) **Conversión alimenticia (g/g):** Se obtuvo dividiendo el consumo de alimento entre la ganancia de peso corporal.
- d) **Mortalidad general y por síndrome ascítico (%):** Las aves muertas se pesaron y anotaron en la bitácora de cada réplica con la fecha de dicho acontecimiento, para realizar las correcciones en consumo y conversión alimenticia. Se obtuvo el porcentaje de mortalidad con el número de aves

muertas, multiplicado por 100, entre el número de aves iniciadas en la semana.

Al final de la prueba se realizó un estudio económico (Cuadro 13), en el cual se analizó en cada tratamiento el costo por kilogramo de carne producido, por concepto de alimento y ave, que representan los costos variables y que dependen de los parámetros zootécnicos y mortalidad, costo del alimento y del pollito recién nacido, representando el 75% del costo total (alimento 65% y ave 10%). Las formulas fueron:

Alimento = Conversión final x precio del alimento de acuerdo a los consumos de las diferentes etapas.

Ave = $100 / \text{porcentaje de la supervivencia} \times \text{precio del pollito} / \text{peso corporal final}$.

Las medias resultantes de los parámetros productivos y mortalidad se compararon bajo un análisis de varianza con mediciones repetidas, empleando las semanas de edad como variable del tiempo; el análisis de los costos por kilogramo de carne producidos se realizaron por un análisis factorial 2 x 4; en donde las edades de 42 y 46 días fueron un factor así como los 4 tratamientos; cuando existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), entre los tratamientos, se realizó la comparación de medias por la prueba de Tukey (StatSoft. Statistica 10.0, 2011).

5. RESULTADOS

En el cuadro 6 y 7 se muestran los parámetros ambientales dentro de la caseta durante el desarrollo de la prueba (temperatura (°C), humedad relativa (%) y punto de rocío (°C) por semana), los cuales se observan dentro de los parámetros estándares de acuerdo a la edad (Aviagen, 2014).

Los resultados del peso corporal a través del tiempo se muestran en el Cuadro 8; en donde se observan diferencias significativas ($p \leq 0.01$), entre los tratamientos evaluados a partir de los 14 días de edad. El tratamiento identificado como Enramicina fue el que demostró obtener los mejores pesos corporales a partir de los 14 días de edad; efecto que se mantuvo hasta el final de la prueba (46 días). Al final de la prueba, el tratamiento con Enramicina mostro los mejores pesos corporales (2.656c, 2.776b, 2.793b y 2.881a kg.), con relación al resto de los tratamientos.

Las diferencias en el consumo de alimento (Cuadro 9), se mostraron a partir de los 35 días de edad ($p \leq 0.01$), representando los mayores consumos de alimento el tratamiento identificado como Bacitracina de Zinc y el de BMD con relación al resto de los tratamientos, efecto conservado hasta el final de la prueba (4.761a, 4.973b, 4.923b y 4.778a kg.). Los resultados de peso corporal y consumos fueron determinantes para mostrar efectos ($p \leq 0.01$), en la conversión de alimento (Cuadro 10), a partir de la tercera semana de edad entre los tratamientos evaluados. El tratamiento identificado como Enramicina, mostraron las mejores conversiones alimenticias a partir de la tercera semana de edad; efecto conservado hasta el final de la prueba (1.819b, 1.817b, 1.788b y 1.681a kg/kg.). No se mostraron efectos significativos ($p \geq 0.05$), entre los tratamientos evaluados durante el desarrollo de la prueba en la mortalidad general y la presentada por el Síndrome ascítico (Cuadros 11 y 12). Los resultados de los costos del kilogramo de carne producido por concepto del ave y alimento se presentan en el Cuadro 13, en donde se observa efectos significativos ($p \leq 0.01$), por concepto de ave en los tratamientos y edades. Los tratamientos identificados como BMD y Enramicina fueron los que registraron los menores costos (3.88c, 3.67b, 3.58ab y 3.51a MN);

a mayor edad, el costo de producción por este concepto fue mejor, debido principalmente al mayor peso corporal que obtuvieron las aves (3.85b vs 3.47a MN); sin observar diferencias significativos ($p \geq 0.05$), en la interacción.

Por concepto de alimento existieron diferencias ($p \leq 0.01$), entre los tratamientos evaluados (14.20c, 13.97c, 13.64b y 12.96a MN), mostrando los más bajos costos el tratamiento identificado como Enramicina con relación al resto de los tratamientos. También existieron efectos ($p \leq 0.01$), en los días de estudio observando costos más bajos a menor edad (13.34a vs 14.04b MN), efecto debido a la mejor conversión de alimento; independientemente del costo del alimento. Existiendo interacción ($p \leq 0.01$), en este concepto, entre la edad y tratamientos, debido a los menores costos del tratamiento de Enramicina a los 42 días de edad. Al observar conjuntamente el costo por kilogramo de carne producido por concepto de ave y alimento, se observa efectos ($p \leq 0.01$), entre los tratamientos evaluados (18.08d, 17.64c, 17.22b y 16.47a MN), mostrando el tratamiento con Enramicina los valores más bajos con relación al resto de los tratamientos, influyendo los resultados de la conversión de alimento. Entre las edades también existieron diferencias ($p \leq 0.01$), resultando a menor edad los costos más bajos (17.19a vs 17.57b MN); mostrando diferencias ($p \leq 0.01$), en la interacción entre los tratamientos y edades de la obtención de los costos, debido a los menores costos del tratamiento de Enramicina a los 42 días de edad.

6. DISCUSIÓN

Hasta hace poco tiempo el principal objetivo de la nutrición aviar era reducir el costo de alimentación, disminuyendo el índice de la conversión, sin perjudicar la calidad del producto final. Hoy en día se trata de obtener carne y huevos de alta calidad a un costo “aceptable”, y de garantizar un riesgo nulo para el ave y consumidor, aumentando los estándares de bienestar animal (lo que puede suponer un aumento de costos del 5-15% en pollo y de más del 30% en huevos), así como minimizar el impacto ambiental de las explotaciones avícolas, lo que aún puede ser más costoso (Enberg y Petersen, 2001).

Los beneficios económicos del uso de antibióticos que promueven el crecimiento y reducen los requerimientos de alimento en la producción intensiva de animales, ha sido significativo, esto se ha evidenciado desde su introducción hace aproximadamente sesenta años. Conjuntamente con los avances en conocimiento para el mejor alojamiento animal, el control de enfermedades y en la nutrición, el uso de antibióticos como promotores del crecimiento es una de las vías para mejorar la productividad.

Ortiz, (2013), menciona que el 83% de las explotaciones productivas administran al menos un antibiótico ya sea con fines terapéuticos o de crecimiento. Barreto, (2005) comenta que el incremento de peso diario es más notable al inicio del periodo de crecimiento, luego tiende a disminuir y los resultados son más notorios cuando existe alguna falla en los nutrientes, en la presente investigación estos tuvieron efecto ($P < 0.01$) en el peso corporal a partir de la segunda semana. Los resultados coinciden con Roldán (2010) y Cancho *et al.*, 2000, en donde mencionan que los APC mejoran la ganancia de peso corporal en las aves y disminuyen el consumo de alimento por lo que mejoran la conversión de alimento. Los APC estudiados mejoraron el índice de conversión con relación al testigo en 0.11, 1.73 y 8.20 % la BZ, BMD y Enramicina, respectivamente. Estos efectos influyeron en manifestar una ventaja económica con relación al control en 2.49, 4.99 y 9.77 % la BZ, BMD y Enramicina, sucesivamente, coincidiendo con lo reportado Walton (1996), indicando que los APC mejoran la tasa de crecimiento y el índice de conversión, al mantener un menor gasto energético a una respuesta de una mejor salud intestinal. También

tienen una relación eficacia/costo positiva, mejorando finalmente el bienestar físico de las aves al reducir estrés inmunológico y el gasto de nutrientes para producir una respuesta inflamatoria a nivel intestinal debido a los ataques bacterianos (Cervantes, 2013).

Sin olvidar el papel que tienen en la protección del medio ambiente, a través de la disminución del índice de conversión, reduciendo el ritmo de tránsito de la digesta, con la consiguiente reducción de excreciones, aumentando así la absorción de los nutrientes (Buenaño y Páez, 2014; Sumano y Gutiérrez, 2010).

En los países escandinavos estos aditivos se abandonaron hace años (1986 en Suecia); en el resto de la UE se han restringido cada vez más desde 1997, habiéndose retirado sucesivamente media docena de sustancias, y actualmente una parte significativa de la producción avícola europea prescinde de su empleo. Esto ha tenido consecuencias variables a lo largo del tiempo, y también según el país considerado. Entre ellas destacan el aumento de patologías entéricas y del índice de conversión del alimento, y un incremento del costo de producción. No existe una única solución a la retirada de los antibióticos promotores de crecimiento (APC). La mejora de las condiciones higiénicas y de manejo en las granjas es esencial; también se precisa mejorar la calidad y digestibilidad de los alimentos, modificando su composición en ingredientes y sus niveles nutricionales y así fortalecer la inmunidad natural de los animales. Hoy se dispone de una amplia gama de aditivos alternativos, con muy distintos modos de acción y niveles de eficacia, sin demostrar al 100% sustituir por sí solo a los APC.

7. CONCLUSIONES

1. Las diferencias ($p \leq 0.01$) en la ganancia de peso se manifestaron a partir de la segunda semana de edad. La Enramicina, mostro al final de la prueba mayor ganancia de peso corporal (8.47, 3.78 y 3.15 %), con relación al control, BZ y BMD, respectivamente.
2. Las diferencias ($p \leq 0.01$) en la conversión de alimento se manifestaron a partir de la tercera semana de edad. La Enramicina, mostro al final de la prueba mejor conversión (8.20, 8.09 y 6.36 %), con relación al Control, BZ y BMD, respectivamente.
3. Las aves que estuvieron en el tratamiento con Enramicina disminuyeron ($p \leq 0.01$) el costo por kilogramo de carne producido por concepto de ave y alimento (9.77, 7.10, 4.55%), con relación al Control, BZ y BMD, respectivamente.
4. Los mejores costos por edad ($p \leq 0.01$) en el kilogramo de carne producido por concepto de ave y alimento, se obtuvieron a los 42 días de edad mejorando con 1.86% a la edad de 46 días; independientemente de los tratamientos evaluados.
5. Es importante resaltar que los resultados del presente trabajo fueron obtenidos considerando las cinco libertades del bienestar animal, respetando así la densidad de población adecuada, la cantidad de equipo necesario para cubrir las necesidades de agua y alimento a cada pollo y supervisando el ambiente de la caseta.

8. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, A. y Cárdenas, M. 2006. Enzimas en la alimentación de las aves. Fitassas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 40 (4): 377-387.

Aguilera, L. Las enzimas proteasas y su uso en la avicultura. [En línea] 2016. <<http://bmeditores.mx/las-enzimas-proteasas-su-uso-en-avicultura/>> [Consulta: 24 de octubre del 2016].

Anadón, A; Martínez, M. y Martínez, L.A. 2006. Probiotics for animal nutrition in the European Union. Regulation and safety assessment. Regul. Toxicol. Pharm. 45 (1): 91-95.

Anadón, N.A.R. Antibióticos de uso veterinario y su relación con la seguridad alimentaria y salud pública. [En línea] 2007. < <http://racve.es/files/2013/03/2007-02-10-Discurso-ingreso-D.ArturoRam%C3%B3n-Anad%C3%B3n-Navarro.pdf>> [Consulta: 19 de junio del 2016].

Anderson, D. B; McCracken, J. J; Aminov, R. I; Simpson, J. M; Mackie, R. I; Verstegen, M.W. A; Gaskins, H. R. 1999. Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. Pig News & Information, 20(4):115N-122N.

Aviagen. Manual de manejo. Pollo de engorde. [En línea] 2014. <http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossBroilerHandbook2014-ES.pdf>. [Consulta: Abril del 2017].

Barreto, L. 2005. Módulo de profundización en sistema de producción avícola. Programa Zootecnia. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia: 155

Best, P. 1992. Growth promoters in the EC. Feed Int., May 1992, pp. 8-16.

Brufau, J. 2012. Prohibición del uso de antibióticos promotores de crecimiento, valoración de productos alternativos y nueva visión de la aplicación de aditivos en el marco de la Unión Europea. Jornadas Profesionales de Avicultura 2012. 09 de mayo del 2012.

Brufau, J. Uso de enzimas en la alimentación animal, un proceso de innovación. [En línea] 2014. <<https://nutricionanimal.info/introduccion-al-uso-de-enzimas-en-la-alimentacion-animal-un-proceso-de-innovacion/>>[Consulta: 07 de diciembre del 2016].

Buenaño, J.P. y Páez, D. Farmacología en aves Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. [En línea] 2014. < <http://es.slideshare.net/danielangelpf/farmacologia-en-aves>> [Consulta: 05 de septiembre del 2016].

Cancho, G.B; García, F.M.S. y Simal, G.J. 2000. El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. Ciencia y tecnología alimentaria. 3(1): 39-47.

Cepero, B.R. Retirada de los antibióticos promotores de crecimiento en la Unión Europea: causas y consecuencias. Departamento de Producción animal y ciencia de los alimentos. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. [En línea] 2005. <http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1142587453a.pdf> [Consulta: 25 de junio del 2016].

Cervantes, H. El futuro de los antibióticos en la producción animal. IntegratedSolutionProvider. [En línea] 2009. <<http://www.wattagnet.com/articles/3697-el-futuro-de-los-antibioticos-en-la-produccion-animal>> [Consulta: 30 de mayo del 2016].

Cervantes, H. El uso de los antibióticos en la producción avícola: pasado, presente y futuro. Sitio Avícola. [En línea] 2013. <<http://www.elsitioavicola.com/articles/2301/el-uso-de-antibioticos-en-la-produccion-avicola-pasado-presente-y-futuro>> [Consulta: 06 de junio del 2016].

COBB, Guía de Manejo del Pollo de Engorde. [En línea] 2012. <www.cobb-vantress.com>. [Consulta: 01 Marzo del 2016].

Colín, A.L; Morales, B.E. y Ávila, E.G. 1994. Evaluación de promotores de crecimiento para pollos de engorda. Veterinaria México. Vol 25 (2): 141- 144.

Collins, M. y Gibson, G. 1999. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. Am. Journal of Clinic Nutricion. 69: 1052- 1057.

Corredor, L.M. 2016. Bienestar animal: Actualidades de pollo en pollo de engorde en Colombia. Seminario Internacional Pollo de Engorde. AMEVEA. Bogotá, Colombia. 17, 18 y 19 de Mayo, 2016.

De Fransechi, M. y Pinto, S.I.B. 2011. Estrategias para evaluar alternativas a los promotores de crecimiento. XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura 2011. Buenos Aires, Argentina 6-9 de septiembre del 2011.

De Paz, C.A. 2013. Aditivos en la alimentación de las aves (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental. Huacho. Perú.

Diario Oficial de la Federación. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-061-ZOO-1999, Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal.

Dibner, J.J. y Richards, J.D. 2005. Antibiotic growth promoters in agriculture: History and mode of action. *Poultry Sci.*, 84:634-643.

Engberg, R. M. y Petersen, J. S. 2001. Poultry production with and without questionable feed additives and ingredients. *Proc. 13th Eur. Symp. Poultry Nutrition*. Blankenberge, Bélgica:118-124.

Edqvist, L. E. y Pedersen, J. S. Antibiotic growth promoters in food animals: Resistance to common sense. Late lessons and early warnings: The precautionary principle. Report 22-2001 European Environmental Agency. [En línea] 2001. <http://reports.eea.eu.int/enviromental_issue_report_2001_22_part09.pdf>. [Consulta: 13 de abril del 2017].

Errecalde, J.O. Uso de antimicrobianos en animales de consumo. FAO. Producción y Sanidad Animal. [En línea] 2004. <<http://www.fao.org/3/a-y5468s.pdf>> [Consultada: 06 de Julio del 2015].

Fuller, R. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 1989. 66: 365-378.
Gibson, G.R. y Roberfroid. M.B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, 125: 1401-1412.

Gómez, R.S; Cortés, A. C; López, C.C. y Ávila, E. G. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. *Scielo. Veterinaria. México.* 42 (4).

Gonzáles, S; Icochea, E; Reyna, P; Guzmán, J; Cazorla, F; Lúcar, J; Carcelén, F. y San Martín, V. 2013. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollo de engorde. *Investigaciones veterinarias de Perú.* Vol 24. (1): 32-37.

Guaranga, M. y Wilson, F. 2012. Utilización de diferentes niveles de enramicina en dietas para pollos parrilleros (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de ciencias pecuarias. Rio Bamba, Ecuador.

Halfhide, B. 2003. Role of European probiotic association (EPA). In: Role of probiotics and their link to the demands of European consumers. ID-Lelisted report 03/0002713: 61-89.

Hillman, K. 2001. Bacteriological aspects of the use of antibiotics and their alternatives in the feed of non-ruminant animals. En: Recent advances in animal nutrition, Gainswothy, P.C. & Wiseman, J. (eds.), Nottingham University Press, UK, pp. 107-134.

Hugoson, G; Wallen, C., eds. 2000. Proc. of the Symposium on antibiotic resistance with emphasis on animal-human transfer, Falkenberg, Sweden, 13-14/9/1999. Acta Vet. Scand., suppl. 93.

INAFED, Instituto Nacional de la Federación y el Desarrollo Municipal. [En línea] 2015. <www.siglo.inafed.gob.mx>. [Consulta: 04 de enero del 2016].

Jaramillo, B.A.H. 2012. Ácidos orgánicos (cítrico y fumarico) como alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento (bz bacitracina) en dietas para pollo de engorde. [En línea] 2012. <<http://www.engormix.com/avicultura/articulos/acidos-organicos-citrico-fumarico-t29620.htm>> [Consulta: 23 de enero del 2017].

Mayra Sujei Ayala Lopez. Evaluación de diferentes antibióticos como promotores de crecimiento sobre los parámetros productivos y mortalidad en pollo de engorda macho. Tesis de Licenciatura FMVZ-UMSNH. Junio 2017.

Muramatsu, T; Nakajima, S. y Okumura, J. 1994. Modification of energy metabolism by the presence of the gut microflora in the chicken. Br. J. Nutr. 71: 709-717.

Murray, B. 2000. Vancomycin resistant enterococcal infections. N Engl J Med. 342. (7): 10-21.

National Research Council. 1999. The use of drugs in food animals: Benefits and risks. CABI Pub., Wallingford, UK.

Nicol, C.J. y Davies A. Bienestar de las aves de corral en los países en desarrollo. Revisión del desarrollo avícola. FAO. [En línea] 2011. <<http://www.fao.org/docrep/016/al720s/al720s00.pdf>> [Consulta: 26 de diciembre del 2016].

Norma Oficial Mexicana NOM-040-ZOO-1995, Especificaciones para la comercialización de sales puras antimicrobianas para uso en animales o consumo por estos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Ortiz, V.J. 2013. Manual de autoevaluación y repaso de antibióticos de uso frecuente en medicina veterinaria y zootecnia (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán, Izcalli, México: 128-134.

Paquete estadístico StatSoft. Statistica 10.0, 2011

Phillips, I; Casewell, M; Cox, T; De Groot, B; Friis, C; Jones, R; Nightingale, C; Preston, R. y Waddell, J. 2004. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. J. Antimicrob. Chem., (53): 28-52.

Pridchard, S. 2016. Life werthout antibiotic growth promoters a uk perspective. 27thAnnualAustralianPoultryScienceSymposium. Australia 14-17 de febrero del 2016: 222-226.

Quintana, J. A. 2011. Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes. (4 ed.). Ed. Trillas. México.

Ravindran, V. 2010. Aditivos en alimentación animal: presente y futuro. XXVI Curso de Especialización Fedna. Madrid, 4 y 5 de novienbre del 2010.

Reyes S.E; Ávila, E.G. y Morales, B.E. 1999. Evaluación de promotores de crecimiento en pollos de engorda, en un sistema de alimentación restringida y a libre acceso. Veterinaria México. 31 (1).

Robredo, B; Singh, K; Baquero, F; Murray, BE y Torres, C. 2000. Vancomycin resistant enterococci isolated from animals and food. Int J FoodMicrobiol. 54: 197-204.

Roldán, F. y Lina, P. 2010. Evaluación del uso de aceites escenciales como alternativa al uso de antibióticos promotores de crecimiento en pollos de engorde (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá.

Rosas, C.J. 2014. Comparación del rendimiento productivo de pollos de engorde suplementados con tilosina fosfato como promotor de crecimiento en dosis mínima y máxima(Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. Lima, Perú.

Ruiz, B. Aditivos fitogénicos en sustitución de los antibióticos. IntegratedSolutionProvider. [En línea] 2015. <<http://www.wattagnet.com/articles/21167-aditivos-fitogenicos-en-sustitucion-de-los-antibioticos> > [Consulta: 29 de junio del 2016].

SAGARPA. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en Unidades de Producción de Pollo de Engorda. [En línea] 2009. <<http://una.org.mx/english/images/yootheme/Documentos/Manuales/manualpollosengorda.pdf>> [Consulta: 23 de Noviembre del 2016].

SAGARPA. Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020. [En línea] 2011. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf> [Consulta: 25 de junio del 2016].

Seclen, O. El bienestar de las aves de corral. [En línea] 2015. <http://www.engormix.com/avicultura/articulos/bienestar-aves-corral-t32091.htm>> [Consulta: 03 de diciembre del 2016].

Simmering, R. y Blaut. 2001. Pro and prebiotics the tasty guardian angels?. *Appl Microbiot. Biotechnol.* 55: 19 – 28.

Smith, J. L. 1999. *Applied and Environmental Micro.* 73(5):1404- 1414.

Sumano, L.H.S. y Gutiérrez, O.L. 2010. *Farmacología Clínica en Aves Comerciales.* (4 Ed). Ed. Mc Graw Hill. México: 351-377.

Sumano, L.H.S. y Ocampo, C.L. 2006. *Farmacología veterinaria.* (3 ed). Ed. Mc Graw Hill. México: 362-365.

Swann Committee Report. 1969. *Uso de antibióticos en ganadería y medicina veterinaria.* Vol 791: 1525- 31.

Taylor, D. J. 2001. Effects of antimicrobials and their alternatives. *Brit. Poultry Sci.*, 42 (Suppl.1): S-67-S68.

Teeter, R. G., McKinney, L.; Becker, A. 2003. Valor calórico efectivo y energía-valores nutricionales en broilers comerciales. *XL Symposium Sec. Esp. WPSA, Girona*, 1-3/10/03, pp. 95-104.

Torres, C. y Zarazaga, M. 2002. Antibioticos como promotores de crecimiento en animales ¿Vamos por el buen camino?. *Gac Sain.* Vol 16 (2): 109- 112.

UNA, Unión Nacional de Avicultores. *Crecerá 2.5% la Avicultura Mexilana en 2015.* [En línea] 2014. <<https://www.una.org.mx/index.php/panorama/crecera-2-5-la-avicultura-mexicana-en-2015>> [Consulta: 23 de junio del 2016].

Velandia, C. y Carolina, J. 2008. Validación del método analítico para la cuantificación de bacitracina en el laboratorio de control de calidad de una industria farmacéutica veterinaria (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias Basicas Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá, Colombia.

Walton, J. R. 1988. The modes of action and safety aspects of growth promoting agents. *Proc. Maryland Nutr. Conf.*, pp. 92-97.

Walton, J.R. (1996). Benefits of antibiotics in animal feed. En: *Recent advances in animal nutrition*, Gainswothy, P.C. & Wiseman, J. (eds.), Nottingham University Press, UK, pp. 19-46.

9. ANEXOS

Cuadro 4. Dieta utilizada en el desarrollo trabajo

Ingredientes	1 a 21 días	22 a 35 días	35 a 42 días
	Kg		
Sorgo (8.5%)	558.2	569.2	617.1
Soya 46%	354.0	321.0	277.0
Aceite vegetal	35.0	60.0	58.0
Ortofosfato (18/21%)	18.7	15.9	14.1
Carbonato de Calcio 38%	14.8	14.1	13.4
Sal refinada	3.3	2.7	2.7
Metionina	3.8	3.6	3.1
Lisina	3.2	2.1	2.8
Bicarbonato de sodio	2.2	2.0	2.0
Colina 60%	1.0	1.0	0.7
Premezcla Mineral	1.0	1.0	1.0
Premezcla vitaminas	3.0	3.0	2.50
Nicarbazina	0.5	0.0	0.0
Treonina	1.0	0.6	0.8
Antioxidante	0.15	0.15	0.15
Pigmento (20 kg)	0.00	3.0	4.0
Carophil rojo (1%)	0.00	0.003	0.003
Salinomicina	0	0.55	0.55
TOTAL KG de alimento	1000	1000	1000

Cuadro 5. Análisis calculado de la dieta

Nutrientes	1-21 días	22-35 días	36-42 días
Proteína Cruda (%)	21.50	20.000	18.500
Calcio (%)	1.00	0.850	0.800
Fosforo Disponible (%)	0.45	0.410	0.390
EM. Kcal./Kg.	3.00	3.147	3.227
Sodio (%)	0.19	0.190	0.180
Cloro (%)	0.30	0.228	0.258
Na+K-Cl	220.06	220.055	192.715
Metionina Digestible (%)	0.48	0.456	0.434
Met + Cistina Digestible (%)	0.79	0.750	0.710
Lisina Digestible (%)	1.10	1.000	0.950
Treonina Digestible (%)	0.70	0.660	0.630

Cuadro 6. Parámetros ambientales dentro de la caseta (Semana 1, 2 y 3)

Primera semana	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Punto de Rocío (°C)
Media	26.2	59.6	17.1
Máxima	43.0	75.2	23.3
Mínima	17.5	31.4	12.5
Desviación estándar	6.5	12.6	2.5
Coeficiente Variación (%)	24.7	21.1	14.7
Operativa	34.5	60.6	19.7
Segunda semana			
Media	24.3	66.8	17.4
Máxima	38.0	85.0	22.5
Mínima	17.0	41.0	12.8
Desviación estándar	4.5	10.6	2.0
Coeficiente Variación (%)	18.6	15.8	11.4
Operativa	31.0	70.3	19.3
Tercera semana			
Media	24.5	66.2	17.5
Máxima	36.0	82.8	21.2
Mínima	17.3	39.7	13.8
Desviación estándar	4.1	10.0	1.6
Coeficiente Variación (%)	16.6	15.1	9.2
Operativa	29.8	68.4	18.7

Cuadro 7. Parámetros ambientales dentro de la caseta (Semana 4, 5, y 6)

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Punto de Rocío (°C)
Cuarta semana			
Media	23.7	70.1	17.5
Máxima	34.0	86.7	20.6
Mínima	15.7	42.2	13.2
Desviación estándar	4.4	12.0	1.6
Coeficiente Variación (%)	18.4	17.1	9.1
Operativa	27.9	71.8	18.1
Quinta semana			
Media	22.4	74.3	17.2
Máxima	34.4	86.7	22.3
Mínima	16.1	43.8	13.5
Desviación estándar	4.5	12.2	1.8
Coeficiente Variación (%)	20.0	16.5	10.6
Operativa	28.3	72.4	19.4
Sexta semana			
Media	22.9	76.0	18.1
Máxima	32.7	89.6	21.6
Mínima	16.2	41.5	13.4
Desviación estándar	4.1	12.8	1.5
Coeficiente Variación (%)	18.0	16.8	8.4
Operativa	27.2	73.5	18.9

Cuadro 8. Resultados semanales del peso corporal del pollo de engorda hembra suplementado con APC

Días	7	14	21	28	35	42	46
Tratamientos	Kilogramos						
Control	0.121	0.287 b	0.659 c	1.302 ab	1.930 b	2.323 c	2.656 c
BZ	0.123	0.294 b	0.699 ab	1.332 a	1.908 b	2.500 b	2.776 b
BMD	0.122	0.307 ab	0.688 bc	1.263 b	1.965 b	2.554 a	2.793 b
Enramicina	0.126	0.326 a	0.731 a	1.344 a	2.042 a	2.576 a	2.881 a
Promedio	0.123	0.303	0.694	1.310	1.961	2.488	2.776
Probabilidad	0.407	0.014	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
EEM	0.001	0.005	0.008	0.010	0.015	0.026	0.021

EEM = Error estándar de la media

NS = No existieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$)

a,b,c = Literales distintas marcan diferencias significativas ($P \leq 0.01$).

Cuadro 9. Resultados semanales del consumo de alimento del pollo de engorda hembras suplementado con APC

Días	7	14	21	28	35	42	46
Tratamientos	Kilogramos						
Control	0.113	0.429	1.029	1.889	3.021 b	4.081 c	4.761 b
BZ	0.117	0.429	1.048	1.908	3.117 a	4.232 a	4.973 a
BMD	0.110	0.422	1.016	1.870	3.004 b	4.170 b	4.923 a
Enramicina	0.115	0.442	1.030	1.877	2.978 b	4.041 c	4.778 b
Promedio	0.114	0.430	1.031	1.886	3.030	4.131	4.859
Probabilidad	0.485	0.614	0.431	0.508	0.001	0.001	0.001
EEM	0.002	0.005	0.007	0.009	0.015	0.020	0.027

EEM = Error estándar de la media

NS = No existieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$)

a,b = Literales distintas marcan diferencias significativas ($P \leq 0.01$).

Cuadro 10. Resultados semanales de la conversión alimenticia de pollo de engorda hembra suplementado con APC

Días	7	14	21	28	35	42	46
Tratamientos	Kilogramos / Kilogramos						
Control	1.382	1.730	1.661 b	1.496 ab	1.597 b	1.787 d	1.819 b
BZ	1.398	1.689	1.590 ab	1.476 ab	1.668 c	1.720 c	1.817 b
BMD	1.333	1.579	1.568 ab	1.528 b	1.560 b	1.658 b	1.788 b
Enramicina	1.318	1.541	1.490 a	1.439 a	1.487 a	1.593 a	1.681 a
Promedio	1.357	1.635	1.577	1.485	1.578	1.689	1.776
Probabilidad	0.670	0.103	0.008	0.038	0.001	0.001	0.001
EEM	0.025	0.032	0.020	0.012	0.018	0.019	0.016

EEM = Error estándar de la media

NS = No existieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$)

a,b,c = Literales distintas marcan diferencias significativas ($P \leq 0.01$).

Cuadro 11. Resultados semanales de la mortalidad del pollo de engorda hembra.

Días	7	14	21	28	35	42	46
	Porcentaje						
Control	1.50	2.00	6.00	6.00	6.00	8.50	10.00
BZ	1.50	2.00	6.50	6.50	6.50	10.00	10.50
BMD	0.50	0.50	3.00	3.50	4.50	6.50	7.00
Enramicina	1.50	1.50	5.00	5.50	5.50	8.00	8.50
Promedio	1.25	1.50	5.13	5.38	5.62	8.25	9.00
Probabilidad	0.426	0.390	0.216	0.327	0.703	0.238	0.343
EEM	0.25	0.34	0.63	0.60	0.61	0.60	0.73

EEM = Error estándar de la media

NS = No existieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$).

Cuadro 12. Resultados de mortalidad por síndrome ascítico en el pollo de engorda hembra

Días	7	14	21	28	35	42	46
Tratamientos	Porcentaje						
Control	0	0	0.00	0.50	1.00	1.00	1.00
BZ	0	0	0.50	0.50	0.50	1.00	1.50
BMD	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Enramicina	0	0	0.00	0.75	0.75	1.25	1.25
Promedio	0	0	0.13	0.44	0.56	0.81	0.94
Probabilidad			0.426	0.662	0.470	0.524	0.362
EEM	0.0	0.0	0.12	0.20	0.22	0.31	0.31

EEM = Error estándar de la media

NS = No existieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$).

Cuadro 13. Costo de producción (MN) por kilogramo de carne producido por concepto de ave y alimento

	Días	Precio Alimento por kilo	Ave	Alimento	Ave + Alimento
Trt (T)		Moneda Nacional			
Control		7.656	3.88 c	14.20 c	18.08 d
BZ		7.690	3.67 b	13.97 c	17.64 c
BMD		7.701	3.58 ab	13.64 b	17.22 b
Enramicina		7.696	3.51 a	12.96 a	16.47 a
Probabilidad			(P≤0.01)	(P≤0.01)	P≤0.01)
Días (D)					
42		7.666	3.85 b	13.34 a	17.19 a
46		7.706	3.47 a	14.04 b	17.51 b
Probabilidad			(P≤0.01)	(P≤0.01)	P≤0.01)
T x D					
Control	42	7.636	4.12	14.06 d	18.18 e
Control	46	7.675	3.65	14.33 d	17.98 de
BZ	42	7.670	3.85	13.58 c	17.43 c
BZ	46	7.710	3.49	14.36 d	17.85 cde
BMD	42	7.681	3.73	13.12 b	16.85 b
BMD	46	7.721	3.43	14.16 d	17.59 cd
Enramicina	42	7.675	3.70	12.61 a	16.31 a
Enramicina	46	7.717	3.32	13.31 bc	16.64 ab
Promedio		7.686	3.66	13.69	17.35
Probabilidad			NS	(P≤0.01)	P≤0.01)
EEM			0.04	0.111	0.119

EEM = Error estándar de la media

NS = No existieron diferencias significativas ($p \geq 0.05$)

a,b,c = Literales distintas marcan diferencias significativas ($p \leq 0.01$).