



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

**Evaluación del comportamiento productivo y características de la
canal en pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus
amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

Iris Tonantzin Cruz Alcalá

ASESORES:

Dr. Juan Edrei Sánchez Torres

Dr. Luis Alberto Mejía Uribe

Dr. Ignacio Arturo Domínguez Vara



Toluca, México, marzo 2024

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	XII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Producción nacional de carne de pollo.....	3
2.2 Producción internacional de carne de pollo.....	3
2.3 Principales líneas genéticas utilizadas en la industria avícola productora de carne.....	5
2.3.1 Pollo Ross 308.....	6
2.3.2 Pollo Cobb 500.....	7
2.3.3 Pollo Hubbard.....	7
2.3.4 Pollo Sasso.....	8
2.4 Aditivos.....	8
2.4.1 Aditivos que se utilizan en la alimentación de pollos de engorda.....	9
2.4.1.1 Enzimas.....	10
2.4.1.1.1 Enzimas y su efecto sobre el comportamiento productivo de las aves.....	10
2.4.1.2 Antibióticos.....	11
2.4.1.3 Ácidos orgánicos.....	12

2.4.1.3.1 Tributirina.....	13
2.4.1.4 Probióticos y prebióticos.....	18
2.4.1.4.1 Cultivos microbianos.....	18
2.4.1.4.2 Probióticos.....	18
2.4.1.4.2.1 Mecanismos de acción.....	20
2.4.1.4.2.2 Efecto de los probióticos en el rendimiento producción.....	21
2.4.1.4.2.3 Efecto de los probióticos en la calidad de la carne y huevo.....	22
2.4.1.4.2.4 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	23
2.4.1.4.2.4.1 <i>B. amyloliquefaciens</i> como probiótico.....	24
2.4.1.4.2.4.2 Características del probiótico.....	25
2.4.1.4.3 Prebióticos.....	26
2.4.1.5 Otros aditivos.....	26
2.4.1.5.1 Combinados vitamínicos y minerales.....	26
2.4.1.5.2 Aditivos fitogénicos.....	26
2.4.1.5.3 Pigmentos.....	27
2.4.1.5.4 Antioxidantes.....	28
2.4.1.5.5 Antifúngicos.....	28
III JUSTIFICACIÓN	29
IV HIPÓTESIS	31

V OBJETIVOS	32
5.1 General	32
5.2 Específicos.....	32
VI MATERIAL Y MÉTODO	33
6.1 Material.....	33
6.1.1 Material de campo	33
6.1.2 Material biológico	33
6.2 Método	34
6.2.1 Animales e Instalaciones.....	34
6.2.2 Dietas y tratamiento.....	34
6.2.3 Desarrollo experimental.....	35
6.2.4 Comportamiento productivo.....	37
6.2.4.1 Consumo diario de alimento.....	37
6.2.4.2 Ganancia diaria de peso (GDP)	37
6.2.4.3 Conversión alimenticia (CA)	38
6.2.4.4 Eficiencia alimenticia (EA)	38
6.2.4.5 Peso vivo final a la matanza, peso canal caliente, peso canal fría y rendimiento de la canal.....	38
6.2.4.6 Mediciones instrumentales.	39
6.2.4.6.1 Medición de pH en intestino delgado.	39
6.2.4.6.2 Medición de pH en Carne.....	39
6.2.4.6.3 Volumen.....	40
6.2.4.6.4 Color.....	40

6.2.4.6.3 Pérdida de agua por cocción.	40
6.2.4.6.4 Fuerza de corte.....	41
6.2.5 Análisis estadístico.....	42
VII LÍMITE DE ESPACIO.....	43
VIII LÍMITE DE TIEMPO.....	44
IX RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
9.1 Comportamiento productivo.....	45
9.2 Evaluación de la canal.....	58
9.3 Peso de cortes primarios	59
9.4 Volumen de pechuga, pierna y muslo.....	51
9.5 pH muscular de pechuga, pierna y muslo.....	53
9.6 pH de duodeno, yeyuno e íleon.....	55
9.7 Pérdida de agua	57
9.8 Fuerza de corte	58
9.9 Color.....	59
X CONCLUSIÓN.....	63
XI LITERATURA CITADA.....	64

INDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	Página
1.	Comportamiento productivo en pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	47
2.	Peso y rendimiento de la canal en pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	48
3.	Peso de cortes primarios (g) de pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	51
4.	Volumen de pechuga, pierna y muslo de pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	53
5.	pH del musculo de pechuga, pierna y muslo de pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	55
6.	pH de duodeno, yeyuno e íleon de pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	56
7.	Pérdida de agua por cocción en pechuga, muslo y pierna de pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	58

8. Fuerza de corte pechuga, muslo y pierna de pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	59
9. Color en pechuga, pierna y muslo de pollos de la línea Sasso adicionando <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y tributirina en la dieta.....	61

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	Página
---------------	---------------	---------------

1. Crecimiento de la producción y el consumo de carne en función de las proteínas, de 2021 a 2030.....	4
2. Esquema del desarrollo experimental.....	36

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la inclusión de *Bacillus amyloliquefaciens* y Tributirina en la dieta para pollos de engorda sobre el comportamiento productivo y características de la canal. Se utilizaron doscientos dieciséis pollos de engorda, de la línea genética Sasso, con un peso vivo inicial promedio de 400 g, alimentados durante 47 días, los cuales fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los cuatro tratamientos experimentales, los cuales fueron: Tratamiento testigo, tratamiento testigo + la inclusión de *Bacillus amyloliquefaciens* (500g/Ton), Tratamiento testigo + Tributirina (1000 g/Ton) y Tratamiento testigo + *Bacillus amyloliquefaciens* + Tributirina. (500g/Ton + 1000 g/Ton). Los resultados se analizaron con un diseño experimental completamente al azar; para las variables de comportamiento productivo se usó el procedimiento GLM de SAS, la comparación de medias se realizó mediante el método de Tukey.

La adición de *Bacillus amyloliquefaciens*, Tributirina y su combinación, no mostro efecto ($P>0.05$) en el rendimiento de la canal en adición de ambos aditivos, y no incrementó el crecimiento de los pollos Sasso, sin embargo, los pollos que consumieron ambos aditivos fueron menos ($P<0.05$) eficientes en la utilización del alimento. Por otro lado, la adición de tributirina modificó ($P<0.05$) el pH de la carne mostrando valores más ácidos, mientras que con respecto al color de la carne no ($P>0.05$) tuvieron efecto los aditivos utilizados. En conclusion, la adición de *Bacillus amyloliquefaciens*, Tributirina y su combinación no modifico el comportamiento productivo, ni las caracteristicAs de la canal de pollos Sasso.

Palabras clave: Pollos de engorda, comportamiento productivo, tributirina, *Bacillus amyloliquefaciens*.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el crecimiento demográfico a nivel mundial ha propiciado que aumente la necesidad de producir alimentos para el consumo humano, y que a la vez, sean de alta calidad nutritiva y que se produzca en periodos cortos de tiempo.

De acuerdo con las estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la cooperación y el Desarrollo económico (OCDE) el consumo de carne de pollo incrementará en un 16 %, y se prevee que hacia el año 2031 se intensifique el consumo de este a nivel mundial hasta un 47%. Por lo tanto, la producción de carne de pollo podrá ser reflejada a 154 millones de toneladas convirtiéndose en un reto para abastecer la demanda de producción avícola (Aviculturamsd, 2023).

Por otro lado, existen líneas genéticas de pollos que se están utilizando para la producción de carne, como la Cobb y Ross, caracterizadas por tener un rápido crecimiento y una excelente conversión alimenticia, sin embargo, debido a su rápido crecimiento las aves requieren niveles altos de oxígeno del medio ambiente, lo que conlleva a que en regiones superiores a los 1800 metros sobre el nivel del mar su crecimiento se vea limitado, y por lo tanto, existan pocas explotaciones avícolas en regiones altas (Salazar et al., 2013).

Las empresas dedicadas a la producción avícola han desarrollado otras líneas genéticas como la Sasso con un crecimiento inferior comparado con las aves Cobb y Ross en las que las necesidades de oxígeno son inferiores y pueden ser explotadas en condiciones en donde existe una menor cantidad de oxígeno (Duy Hohán et al., 2023). Además, actualmente se han incorporado en las dietas de las

aves ciertos aditivos con el propósito de mejorar la integridad intestinal, propiciando una mayor absorción y, por lo tanto, un mayor crecimiento en las aves. Dentro de los aditivos utilizados se encuentran la tributirina y que se ha observado que ayuda a disminuir el pH en el tracto gastrointestinal y, a la vez, a mantener la flora microbiana favoreciendo una buena salud intestinal. Por otro lado, las levaduras *Bacillus amyloliquefaciens* ayuda a incrementar la inmunidad de los animales, lo que se traduce en mejor crecimiento. Por lo antes mencionado, se ha observado en aves criadas en regiones con altos niveles de oxígeno y con altos rendimientos productivos, sin embargo, se requieren hacer estudios, en aves de líneas genéticas con un crecimiento menor y en condiciones en donde exista un menor contenido de oxígeno en el medio ambiente, evaluando no solo el crecimiento, sino también las características de la canal debido al efecto de la inclusión de aditivos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción nacional de carne de pollo

A nivel nacional la producción de carne de pollo en el año 2021 fue de 3,664,968 toneladas, y en el año 2022 hubo un incremento a una producción de 3,790,630 toneladas (UNA, 2022).

La avicultura juega un papel importante en México, puesto que la producción avícola en el país representa el 63% y dentro de este porcentaje, la carne de pollo representa el 34.2%, y la otra parte la producción de huevo (UNA, 2022).

Entre los principales Estados mexicanos productores de carne de pollo en el año 2021 fueron; en 1er lugar Veracruz con 20.47% de producción, en segundo lugar Jalisco con 15.60%, en tercer lugar Aguascalientes con 9.50%, en cuarto lugar Yucatán con 6.43%, Puebla en quinto lugar con 6.40%, y el resto del país 41.60%; considerando que los Estados que componen el resto son: Chiapas 5.7%, Estado de México 5.03%, Guanajuato 5.14%, Morelos 4.92%, Sinaloa 4.15%, Querétaro 2.86%, , Tabasco 2.2%, La Laguna 1.86%, Nayarit 1.45% y Nuevo León 1.82% (UNA, 2022).

2.2 Producción internacional de carne de pollo

De acuerdo con las perspectivas de la OCDE/FAO (2023), es posible que la demanda mundial promedio per cápita de carne aumente 2%, desde el periodo base 2020-2022 hasta 2032.

La producción y el consumo mundial de carne se triplicó en las últimas cuatro décadas y aumentó un 20 % en los últimos 10 años. Sin embargo, se ha observado, que en los países desarrollados se consume el doble de carne comparado con los países en desarrollo; y se prevé que la producción de carne siga en aumento debido al incremento del consumo mundial per cápita y al crecimiento de la población (Pretovic et al., 2015).

En el mercado se comercializan carnes de diferentes especies para consumo humano, entre las que se encuentran principalmente las carnes de pollo, cerdo, Bovino y ovino, siendo el consumo diferente en las diversas regiones del mundo (Figura 1), siendo en los países de bajo ingreso económico en donde la producción total es mayor, sin embargo, el consumo per cápita es menor (OCDE/FAO, 2021).

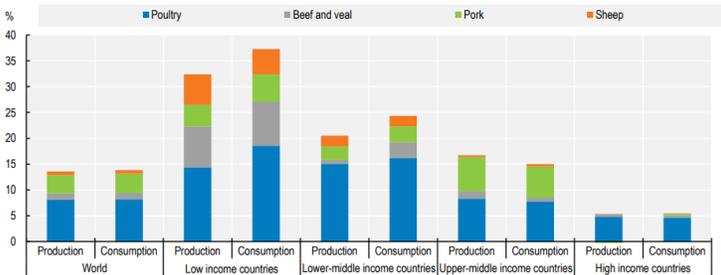


Figura 1. Crecimiento de la producción y el consumo de carne en función de las proteínas, de 2021 a 2030 (OCDE/FAO, 2021).

La producción avícola ha ido incrementando con el paso del tiempo, y es probable que siga en aumento tras la demanda y el crecimiento demográfico. De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2023), la

producción mundial de carne de pollo se pronostica a 1% más en el 2023, llegando a 103,4 millones de toneladas, principalmente producidas por Brasil y Estados Unidos, Tailandia, México y Turquía.

Entre los principales países productores de carne avícola durante el año 2021 se encuentran Estados Unidos con 20,378 toneladas de producción, consiguiendo ser el mayor productor a nivel mundial, seguido de países como China con 14,700 ton, Brasil con 14,500 ton, Rusia con 10.850 ton, México con 3,815 ton, Tailandia con 3,280, Japón con 1,765 ton, Sudáfrica con 1,495 ton, Canadá con 1,360 ton, y Filipinas con 1,330 ton. En el caso de México, colocándose en quinto lugar en producción de carne avícola a nivel internacional (UNA, 2022).

Entre las proyecciones de USDA se indica que en el año 2024 Estados Unidos y Brasil comercializarán internacionalmente carne de pollo, posicionándose como los mayores comercializadores de este cárnico. Se pronostica que durante el 2024, mundialmente se movilizarán 13.9 millones de toneladas de carne de pollo, superando por 2.5% la cifra de año anterior. UNA (2024)

2.3 Principales líneas genéticas utilizadas en la industria avícola productora de carne.

Las aves destinadas para la producción de carne necesitan reunir ciertos caracteres que permitan altos rendimientos en producción (Aviagen, 2014), entre los que destacan:

- Adaptación al medio ambiente
- Crecimiento rápido y uniforme.
- Buen índice de conversión alimenticia.
- Buen desarrollo corporal
- Buen rendimiento de la canal
- Resistencia a ciertas enfermedades
- Producción a costo accesible

Los avances en la genética enfocada a la selección de líneas comerciales para la producción de carne avícola han permitido que se presente la habilidad para transformar el alimento en músculo en menor tiempo a partir del consumo bajo de alimento, y la baja mortalidad. Las líneas genéticas han sido creadas a través del cruzamiento y selección de individuos de líneas puras con cierto comportamiento productivo con el fin de obtener un ave con caracteres deseados dependiendo el objetivo de producción.

2.3.1 Pollo línea Ross 308

Es una de las líneas genéticas más consistente y por ello es de las más utilizadas en la avicultura, brindando un potencial productivo para todo tipo de fin comercial. Destaca en presentar un buen desarrollo, tasa de crecimiento, robusticidad, buena conversión alimenticia, rendimiento y versatilidad para satisfacer los requisitos del producto final (Morris Hatchery, 2015). También se caracteriza por una alta adaptación a diferentes climas (Minag, 2000).

Promete un alto rendimiento de carne, con una excelente ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. Presenta bajo dimorfismo sexual y bajo costo de producción (Ross, 2023)

2.3.2 Pollo línea Cobb 500

Es considerada la línea genética con mayor eficiencia productiva, se caracteriza por su plumaje blanco, tasa de crecimiento rápido, velocidad de ganancia de peso y rendimiento de pechuga elevado, excelente conversión alimenticia, alta rusticidad y facilidad de adaptación a diversas transiciones climáticas. Además, es capaz de prosperar en bajas densidades y los costos de alimentación son bajos (Pérez y Carrasco. 2021). Su elevado crecimiento permite que los pollos tengan el peso de sacrificio a los 56 días de vida, con una ganancia diaria de peso en la fase de finalización de alrededor de 65 gramos.

2.3.3 Pollo línea Hubbard

Se caracteriza por su alta eficiencia, rapidez en crecimiento inicial y se destaca especialmente bajo condiciones de manejo limitadas (Morris Hatchery, 2015).

Presenta un crecimiento acelerado al inicio del ciclo y un excelente índice de consumo. Posee alta robustez y adaptabilidad bajo condiciones diferentes de alimentación y temperatura (Vargas et al. 2018)

2.3.4 Pollo línea Sasso

Es la línea genética de origen francesa que presenta buenos rendimientos de carne e índice de consumo, buena calidad de la carne y se caracteriza por poseer plumas rojas únicas, además de ser un pollo pesado. El Sasso Ruby XL proporciona una gran eficiencia y calidad de carne. Es un ave robusta y resistente, es capaz de resistir y prosperar al aire libre en diversos entornos y desarrollo en producción de libre pastoreo (Sasso, 2023). El crecimiento es menor comparado con el pollo Cobb y Ross, siendo que tarda en crecer más lento, sin embargo, los requerimientos nutricionales son menores y, por lo cual, se adapta mejor; por otro lado, se ha observado, que se adapta a lugares con mayor altitud, en donde la cantidad de oxígeno es escasa, por lo cual, al tener un ritmo de crecimiento menor, la cantidad de oxígeno que necesita es menor, adaptándose bien a estas condiciones.

2.4 Aditivos

Los aditivos son sustancias que se adicionan intencionalmente a los alimentos para modificar sus características físicas y químicas (Carbajal y Moreno, 2023), con un propósito tecnológico (en la fase de su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envasado, etc.), con el propósito de conservar, y mantener las cualidades organolépticas (color, olor, sabor) del alimento (Baena y Torrija, 2001).

El término aditivo alimentario puede incluir compuestos químicos inertes o activos, naturales o sintéticos, nutritivos (Carrillo, et al., 2000).

Los aditivos alimentarios son sustancias, microorganismos o preparaciones de recursos alimentarios y de las premezclas de minerales y vitaminas, que se adicionan al alimento o al agua de bebida, con la intención de mejorar el comportamiento de los animales:

- Benefician las características del alimento.
- Producen un efecto favorable sobre las características de los productos animales.
- Favorecen el color de las aves y de los peces ornamentales.
- Satisfacen las necesidades nutricionales de los animales.
- Ayudan a mitigar los efectos de la producción animal sobre el ambiente.
- Promueven equilibrio en la microbiota gastrointestinal o benefician la digestibilidad de nutrientes o promueven efectos contra parásitos como coccidias e histomonas (Afanador et al., 2011).

2.4.1 Aditivos que se utilizan en la alimentación de pollos de engorda

- Enzimas
- Antibióticos
- Ácidos orgánicos
- Cultivos microbianos
- Probióticos
- Prebióticos

- Pigmentos

2.4.1.1 Enzimas

Las enzimas son utilizadas como suplemento en las dietas de pollos de engorde para que exista una mejor asimilación de los nutrientes y así mismo, contribuyan a la reducción de costos de alimentación (FAO, 2013).

A partir del uso de aditivos se obtienen mejoras en la disponibilidad de nutrientes debido a la degradación de enlaces propios de los ingredientes que no son degradados normalmente por las enzimas digestivas endógenas, degradación de factores antinutritivos que reducen la disponibilidad de nutrientes; aumento de la accesibilidad de nutrientes a las enzimas digestivas endógenas, y suplementación de la capacidad enzimática en los animales jóvenes (FAO, 2013).

Son sustancias proteicas que tienen la capacidad de actuar en las reacciones metabólicas del organismo, llevando a cabo procesos de digestión, y cuando son adicionadas a las dietas avícolas promueven la aceleración del crecimiento y que exista una mejora en la calidad de la carne o en la conversión alimenticia. Las enzimas propician que los componentes de la dieta sean digeridos y tengan una mejor asimilación (Leonidas, 2003).

2.4.1.1.1 Enzimas y su efecto sobre el comportamiento productivo de las aves

Peptidasa: promueve el incremento en la digestibilidad y asimilación de proteínas y de aminoácidos, y la reducción de nitrógeno en las excreciones.

Lipasa: mejor aprovechamiento energético.

Fitasa: Incremento en la absorción y reducción de fosforo en las excreciones, mejora en la asimilación de cobre, zinc y manganeso. Mejorar la disponibilidad global de nutrientes y el valor nutritivo (FAO, 2013).

Alfa- galactosidasa: neutralización de la energía metabolizable.

Pentosanasa: incremento en la utilización de la energía metabolizable.

Beta-glucanasa: incremento en la digestibilidad de las proteínas, mejora la disponibilidad global de nutrientes y el valor nutritivo (FAO, 2013).

Alfa galactosidasa y peptidasa: incremento en la digestibilidad de las proteínas, energía y fosforo, incremento final de peso 2%, incremento en consumo de alimento 0,5% (Leonidas, 2003).

Las enzimas como las alfa amilasas, proteasas y arabinoxilanasas adicionadas a dietas para aves a base de maíz y soya promueven una mejor digestibilidad de la proteína al destruir los factores antinutrimientales presentes en la pasta de soya, y el aprovechamiento de los carbohidratos al hidrolizar la pared celular en el grano. Estas enzimas para pollos de engorda, mejoran la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Cortés et al.,2002).

2.4.1.2 Antibióticos

Los antibióticos han sido utilizados como promotores de crecimiento, como protección contra los patógenos y las enfermedades subclínicas (FAO, 2013), con el objetivo de mantener la salud intestinal y el mejoramiento de la eficiencia digestiva. El uso de estos aditivos de forma prolongada o equivocada genera

resistencia microbiana (Díaz et al. 2017). Los antibióticos pueden afectar el microbiota gastrointestinal y la fisiología debido a que previenen la colonización de patógenos, afectan el sistema inmunológico, intensifican la absorción de grasas al disminuir la hidrólisis de las sales biliares conjugadas y ayudan a mejorar el uso de nutrientes como resultado de una alteración de la pared intestinal y de la lámina propia (Vieco et al. 2019).

Los antibióticos como aditivos, al eliminar a los microorganismos patógenos, simultáneamente, eliminan y afectan el microbiota intestinal necesaria para el buen funcionamiento del aparato digestivo. Y, por lo tanto, el organismo se vuelve más vulnerable a desarrollar, resistencia antimicrobiana, e infecciones ocasionadas por *Salmonella*, *E. coli*, *Listeria*, ocasionando alteraciones en el tracto gastrointestinal, desencadenando respuestas inflamatorias, y produciendo infecciones localizadas o sistémicas. Por otro lado, los fármacos se quedan como residuos en los tejidos animales destinados para el consumo humano.

2.4.1.3 Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos son de característica lipófila, se disuelven en cloroformo, éter o benceno, y tienen un sabor agrio, presentan actividad bactericida y bacteriostática, siendo estables a variaciones de pH, luz y altas temperaturas, y son activos en presencia de materia orgánica (González et al., 2020). Son compuestos que contienen carbono con propiedades ácidas y, por lo tanto, tienen actividad antimicrobiana (Broom, 2015).

Estos aditivos combinan las propiedades conservantes y acidificantes. Los ácidos orgánicos más utilizados como conservantes son el ácido fórmico (bactericida), propiónico (antifúngico); los acidificantes son el ácido cítrico y el fumárico (González et al., 2020).

Los ácidos orgánicos, como el ácido butírico, promueven la salud del intestino al proporcionar fuentes de carbono para el aumentar el crecimiento de las vellosidades intestinales, promover el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* y bifidobacterias, y disminuir las bacterias dañinas, como *Salmonella*, *Clostridium* y *Escherichia coli*, al disminuir el pH luminal (El Saadony et al., 2022).

El modo de acción de los ácidos orgánicos es el potencial bactericida y bacteriostática. Puesto que, la porción aniónica del ácido penetra la pared bacteriana y permanece dentro difundándose libremente, se acumulan aniones creando toxicidad para la bacteria, y consecuentemente son inhibidas sus reacciones metabólicas, reduciendo la capacidad de síntesis y finalmente la destrucción de sus membranas internas, disminuyendo así el crecimiento bacteriano y reduciendo el estímulo del aparato inmunológico, el cual en funcionamiento podría inducir un efecto negativo en el crecimiento y en la producción de los animales, de igual forma reducen toxinas microbianas, y las necesidades de energía del animal (González et al., 2020).

2.4.1.3.1 Tributirina

La tributirina, es un triglicérido conformado por tres moléculas de ácido butírico o butirato (Gu et al., 2022), las cuales están unidas a una molécula de glicerol, a

partir de un proceso de esterificación. Es así como, a un glicerol pueden unirse hasta tres moléculas de este ácido graso formando una tributirina (Phalbio, 2016).

Las moléculas que conforman la tributirina son muy estables ante variaciones de pH, temperatura y humedad, por lo tanto, dicha estabilidad de las moléculas de la tributirina, no permiten su deterioro durante el proceso de fabricación de los alimentos y el tránsito digestivo, hasta el intestino delgado en el cual son liberadas lipasas provenientes del páncreas y la disocian. Como resultado, los ácidos butíricos y glicerol se liberan en el intestino y son absorbidos por células intestinales (enterocitos) (Nutrinews, 2015).

La tributirina es una forma bien tolerada si se adiciona en la alimentación (Vergara y González, 2017) tiene la capacidad de mejorar el rendimiento productivo de los pollos de engorda, así como incrementar la capacidad antioxidante y el funcionamiento ovárico (Wang, et al. 2021).

La dieta con tributirina permite que la deposición de grasa en los pollos de engorde sea de manera adecuada al promover la síntesis de grasa sin afectar el tejido hepático. Dicha deposición contribuye de manera significativa a la calidad, como la jugosidad y el sabor, entre otras propiedades organolépticas (Gu et al., 2022).

El butirato es un ácido natural que está presente en líquidos y tejidos biológicos, producido por la microbiota gastrointestinal o ingerido por vía oral como aditivo alimentario (Guilloteau et al., 2010). Es una alternativa segura para suplir el uso de antibióticos promotores del crecimiento, ya que actúa como fuente de energía para las células epiteliales del intestino y tiene propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes (Lan, Zhao, Li, An, 2020).

El ácido butírico es un ácido graso de cadena corta generado a niveles milimolares en el ciego de las aves, el cual, es el sitio principal para la fermentación microbiana del almidón no absorbido, polisacáridos sin almidón y proteínas (El Saadony et al., 2022).

La inclusión de ácido butírico en la alimentación de las aves contribuye a mejorar el equilibrio de la microbiota intestinal (eubiosis intestinal), aumentar la cantidad de bacterias benéficas, así como limitar colonización y proliferación de bacterias patógenas, mejora el pH del intestino, resultando en respuestas inmunitarias favorables humorales y celulares, obteniéndose un mejor peso de los órganos inmunológicos como el timo y bazo, y con mejores centros de la médula del timo y del bazo germinal (El Saadony, et al., 2022).

En los animales jóvenes la microbiota intestinal no está muy diversificada, debido que las bacterias productoras de ácido butírico son escasas, por lo cual, al ser añadido a la dieta provee diversos beneficios como el rápido desarrollo de la mucosa del intestino y del asentamiento de flora saprofita, así como resistencia a agresiones mecánicas o bacterianas, mejorándose con ello la salud intestinal (Nutrinews, 2015).

El ácido butírico interviene en el mantenimiento de la integridad y la protección de la mucosa y el epitelio intestinal, ejerce efectos antiinflamatorios y antioxidantes, así como la capacidad de modular la respuesta inmunitaria y mejorar el rendimiento del crecimiento en pollos de engorda (Wang et al. 2021).

El ácido butírico es el principal metabolito energético de los colonocitos, interviniendo en la nutrición del intestino (Vergara y González , 2017), representa aproximadamente el 70 % del consumo total de energía (Yang et al. 2018), pero

también participa en la regulación de múltiples funciones de las células intestinales, incluida la expresión génica y la diferenciación celular (Wang et al., 2021).

El butirato tiene la capacidad de disminuir las concentraciones de triglicéridos circulantes totales y colesterol en pollos de engorda, ya que induce un aumento del gasto de energía y el catabolismo de los lípidos al regular la expresión de genes los cuales tienen la función de reducir la síntesis, el almacenamiento, el transporte y la secreción, y el aumento de la oxidación de lípidos y ácidos grasos en pollos de engorde, por lo cual, se reduce la acumulación de grasa inducida por la dieta (Yin, et al., 2016, y Yang, et al., 2018).

Induce la expresión de genes de péptidos antimicrobianos de defensa, las defensinas y catelicidinas, y modula la expresión y liberación de citocinas anti y proinflamatorias en pollos de engorde (Yang et al. 2018).

La adición de este ácido en la dieta promueve un aumento en el rendimiento de la canal, y la carne de la pechuga, disminuyendo el contenido de grasa abdominal, sin afectar en el peso corporal y el consumo de alimento (Yin et al., 2016).

Cada epitelio del intestino delgado tiene un borde en cepillo, vellosidades, una cripta y una membrana plasmática, además de absorber nutrientes, ofrece una barrera física, que es conformada por uniones estrechas y biológica (Lee, Mi, Young, 2018). El ácido butírico es capaz de aumentar la proliferación celular en el intestino delgado y grueso, y así mejorar la barrera intestinal (Yang, et al. 2018), ya que promueve el refuerzo y el ensamblaje de las uniones estrechas o “tight junctions” entre células que conforman el epitelio intestinal, reduciendo la permeabilidad del intestino, implicando una mayor resistencia al estrés y a la acción

de patógenos (Nutrinews, 2015). Incrementa la longitud y mejora la profundidad de las vellosidades intestinales, aumentando también las células caliciformes que se encargan de segregar mucina ácida (El Saadony, et al., 2022).

El rendimiento mejorado en las aves se explica por el aumento de la digestibilidad y la superficie de absorción de los nutrientes, la estimulación de las secreciones de enzimas digestivas, una modificación de la microbiota y una mejora de la integridad epitelial y de los sistemas de defensa (Guilloteau, et al., 2010).

Debido a que el butirato actúa en el desarrollo y reparación del epitelio entérico, es prometedor adicionar este ácido en las patologías intestinales debidas a disbiosis de la microbiota o por lesión en los enterocitos (Vergara y González 2017).

El efecto antimicrobiano del ácido butírico es disminuir el pH luminal del intestino (estimulando el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* spp), lo cual reduce la colonización bacteriana, debido a que los ácidos penetran la membrana bacteriana y se disocian formando iones H^+ como resultado del pH neutro, liberando el exceso de protones que bajará el pH. Posteriormente, como defensa, la bacteria intentará mantener un pH neutro transportando el exceso de protones fuera de las células agotando su energía celular, lo cual interrumpe la síntesis, transporte de nutrientes y la multiplicación de bacterias patógenas, como *Salmonella* y *Escherichia coli* (El Saadony, et al., 2022).

2.4.1.4 Probióticos y prebióticos

Los probióticos y prebióticos inciden positivamente en las funciones corporales para mejorar la salud, su efecto alcanza niveles fisiológicos o psicológicos más allá del tradicional efecto nutricional, y son clasificados como alimentos funcionales (Al Kalaifha, 2018).

2.4.1.4.1 Cultivos microbianos.

Los cultivos vivos son organismos no patógenos que son administrados por vía oral y brindan un beneficio al huésped animal y mantienen un equilibrio en el intestino, puesto que son capaces de modificar la microbiota intestinal sustituyendo microorganismos nocivos.

2.4.1.4.2 Probióticos

Los probióticos son complementos alimentarios microbianos vivos (bacterias y levaduras) que benefician al animal huésped al mejorar el equilibrio microbiano (Syazwan et al., 2021). El uso de estos aditivos en animales de producción se destina a mejorar la conversión alimenticia, a promover el crecimiento y a inhibir el desarrollo de bacterias patógenas (Blajman, 2015) Se definen como un suplemento alimenticio formado por cultivos de microorganismos vivos que cuando son administrados adecuadamente proveen efectos metabólicos benéficos para el huésped. Los probióticos son conformados por un solo microorganismo o por combinaciones de microorganismos (Díaz et al., 2017). Para que un probiótico sea

considerado como tal, se requieren una serie de requisitos, como contar con su caracterización in vitro para conocer su estabilidad fenotípica y genotípica y los patrones de utilización de hidratos de carbono y proteínas. Así mismo, se considera la resistencia a la acidez gástrica, a la bilis, la adhesión al epitelio intestinal y la resistencia a lisozima. No deben presentar resistencia a antibióticos ni determinantes de patogenicidad (Blajman, 2015).

Las bacterias productoras de ácido láctico (*Bacillus* y Bifidobacterias) son los tipos más comunes de probióticos (Al Kalaiifha, 2018). Son capaces de adaptarse y proliferar en el intestino. Presentan un metabolismo anaerobio, en el que se fermenta glucosa y se produce ácido láctico, disminuyen el pH intestinal, lo cual evita la proliferación y colonización de bacterias patógenas, y, por lo tanto, prevenir lesiones en la superficie de absorción de la pared intestinal (Díaz et al., 2017).

Cada género de microorganismos puede tener diferentes especies y cepas con capacidad de producir efectos metabólicos diferentes. El metabolismo de las bacterias genera ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico, butírico y láctico), el ácido butírico sirve como fuente energética para los enterocitos, lo cual, estimula la proliferación celular, regula la apoptosis y por lo tanto ayuda a mantener la integridad del intestino (Díaz et al., 2017).

Los géneros de probióticos utilizados en la cría de aves son: Levaduras (*Cándida*, *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*), bacterias en el laboratorio (*Lactobacillus*, *streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Weissella*), bacterias fuera del laboratorio (*Bacillus*, *Bifidobacterium*), hongos (*Aspergillus*) (Vieco., et al., 2019).

De acuerdo con Lara (2012) *Bacillus*, *Lactobacillus* y *Saccharomyces* tienen mayor tolerancia a las condiciones del tracto gastrointestinal, resistencia a cambios de pH 4, 5.6-7, resistencia a las sales biliares desarrollando sus actividades metabólicas sin verse inhibidas por completo, concentraciones de NaCl de 0.3 % y 7 %, temperaturas de 43 °C, exclusión competitiva a patógenos y alta capacidad de crecimiento, por tal motivo demuestran que poseen propiedades probióticas y pueden ser utilizadas como aditivos microbianos destinados a la alimentación de pollos.

2.4.1.4.2.1 Mecanismos de acción

Los probióticos estabilizan la flora intestinal, y evitan que exista proliferación de bacterias enteropatógenas.

- Exclusión competitiva: los probióticos colonizan el intestino, compiten con bacterias patógenas para adherirse a la pared intestinal, actúan como una barrera defensiva dificultando la proliferación de microorganismos patógenos creando un ambiente desfavorable para ellos (Díaz et al., 2017).

Los probióticos protegen al hospedero, ya que contribuyen a estimular el sistema inmune (innato y celular). Aumentan la actividad de macrófagos, las células NK, o natural killer, que presentan efecto citotóxico y que producen citocinas que actúan como inmunomoduladores y agentes proinflamatorios. Así mismo el aumento de la productividad de metaloproteinasas y prostaglandinas, que estimulan

la respuesta inmune celular, incrementando la creación de inmunoglobulinas (IgA, IgM e IgY) y la migración de linfocitos T (Díaz et al., 2017).

- Producción de sustancias antimicrobianas

Las bacterias probióticas efectúan inhibiciones sobre los microorganismos patógenos, y producen diferentes metabolitos como peróxido de hidrógeno (H₂O₂), diacetilo, bacteriocinas y ácidos orgánicos. El efecto bactericida del H₂O₂ se debe a su potente acción oxidante, capaz de destruir componentes celulares esenciales. Así mismo, son capaces de producir ácido láctico, acético y propiónico, que acidifican el medio intestinal creando un ambiente hostil para el desarrollo de microorganismos nocivos (Blajman, 2015).

La adición de probióticos beneficia a la principal capa del intestino (capa de mucina) en las funciones de lubricación y protección, impidiendo el paso de moléculas y agentes nocivos.

Administrar probióticos a dosis correcta promueven la eubiosis y el equilibrio de la microflora intestinal, manteniendo la integridad de la pared del intestino la cual es una barrera natural que presenta criptas y vellosidades las cuales absorben los nutrientes contenidos en la dieta, permitiendo una buena digestión y absorción (Díaz et al., 2017).

2.4.1.4.2.2 Efecto de los probióticos en el rendimiento y producción

Las bacterias productoras de ácido láctico aumentan la acidez del intestino, lo que inhibe la multiplicación de bacterias patógenas como *Salmonella* y *Campylobacter* (Alikbarpour et al., 2012) de igual forma ayuda a

mantener un ambiente gastrointestinal saludable con una mejor función intestinal, mejora en la digestión, regula la microflora intestinal, la función de barrera intestinal, conversión alimenticia, ganancia de peso y rendimiento de las aves. Se desarrolla una mayor altura de las vellosidades intestinales, aumentando la superficie de absorción, de la expresión de enzimas del borde en cepillo y de los sistemas de transporte de nutrientes y, por lo tanto, también una ganancia significativa de peso y, protección al huésped (Ramlucken et al, 2020).

2.4.1.4.2.3 Efecto de los probióticos en la calidad de la carne y huevo

Los probióticos mejoran las características organolépticas de la carne, como; la textura, jugosidad, apariencia, la ternura de la carne, la cual se mide con la fuerza necesaria para realizar un corte. La suplementación con estos aditivos tiene efectos sobre las grasas, disminuyendo la concentración en la carne, el colesterol en la yema de los huevos y la reducción de la grasa abdominal en las aves, a partir de que algunos microorganismos asimilan el colesterol utilizándolo para su metabolismo.

Efecto en la calidad microbiológica de la carne mediante la exclusión competitiva, puesto que los microorganismos benéficos generan la reducción de bacterias patógenas como *Salmonella enteritidis*, Coliformes y *Clostridium spp* en el intestino, reduciendo el riesgo de contaminación de canales, y por lo tanto reduciendo infecciones alimentarias (Díaz et al., 2017).

Los productos probióticos pertenecientes a especies únicas o múltiples de *Lactobacillus*, *Streptococcus*,

Bacillus, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Aspergillus*, *Cán*

dida y *Saccharomyces* tienen un efecto potencial sobre la modulación de la microflora intestinal y la inhibición de patógenos. Los probióticos del género *Bacillus* tienen la capacidad de formar esporas, ser activos y resistir a variaciones ambientales y al procesamiento de los alimentos (Alikbarpour et al., 2012).

2.4.1.4.2.4 *Bacillus amyloliquefaciens*

Bacillus Amyloliquefaciens es una bacteria que presenta la característica de ser aerobia y anaerobia facultativa, Gram positiva, con una morfología de bacilo y amplia movilidad debido a la presencia de flagelo (Villarreal et al., 2018). Taxonómicamente pertenece a la familia *Bacillaceae*, clase *Bacilli* y phylum *Firmicutes* (Syazwan et al., 2021).

Esta bacteria tiene un tamaño variable de 0.5 a 10 μm , su crecimiento óptimo ocurre a pH neutro y resiste medios ácidos, presentando un amplio intervalo de temperaturas de crecimiento (entre 30 - 45 $^{\circ}\text{C}$), tiene capacidad para producir endosporas como mecanismo de resistencia a diversos tipos de estrés y le confiere su habilidad de diseminación y prevalencia en los ecosistemas. (Villarreal et al., 2018). Los probióticos formadores de esporas mejoran la salud del huésped porque estimulan el sistema inmunitario, la síntesis de antimicrobianos, como bacteriocinas, enzimas y la modulación de la composición de la microbiota intestinal (Elshaghabee et al., 2017).

Puede sobrevivir en el tracto intestinal en condiciones adversas e inhibe el crecimiento de patógenos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* y *Clostridium*

perfringens (Haitao et al., 2022). Como formador de esporas es capaz de mantener su vitalidad después de la granulación, el almacenamiento y la manipulación del alimento (Luise et al., 2022).

2.4.1.4.2.4.1 *B. amyloliquefaciens* como probiótico.

Bacillus amyloliquefaciens (cepa 5940) mejora la relación alimentación - ganancia, mejora el rendimiento de la canal y crecimiento, la carne de pechuga de pollos de engorde aumenta las concentraciones séricas de IgA, IgM e IgG en condiciones difíciles, mejorando la inmunidad humoral y mejora la digestibilidad de la cistina, la valina y la lisina de los pollos de engorde. Mejora la capacidad antioxidante y las actividades de las enzimas digestivas (Sun et al. 2022).

Bacillus amyloliquefaciens consume mucho oxígeno libre para multiplicarse en los intestinos, lo que mejora el crecimiento y la multiplicación de probióticos anaeróbicos como las bacterias del ácido láctico y las bifidobacterias, e inhibe la colonización de patógenos (Sun et al. 2022).

B. amyloliquefaciens incluido en las dietas de los pollos de engorda permite equilibrar las propiedades de la microbiota, provocando un mejor rendimiento del crecimiento, la morfología intestinal y la composición de la flora del yeyuno (Liang et al., 2018). Es ampliamente utilizado en la industria alimentaria para animales porque mejora la vida funcional, sensorial y de almacenamiento de los productos finales.

Por su parte, Ortiz (2013) realizó un estudio y concluyó que al adicionar *Bacillus amyloliquefaciens* en la dieta de pollos de engorda (Arbor Acres Plus) obtuvo un mejor rendimiento y una mejor conversión alimenticia.

El aumento de la digestión intestinal y la absorción de nutrientes están relacionadas con la producción de varias enzimas digestivas (glutamil transpeptidasa pectinasa, xilanasas, lipasa, quimiotripsina, β -glucosidasa y amilasa) (Sun et al., 2022 y Chen et al., 2022), que pueden hidrolizar compuestos complejos, incluidas proteínas insolubles, carbohidratos, fibras, hemicelulosa y lignanos (Chen et al., 2022), así como producir un polisacárido extracelular con actividad antioxidante natural al alimento, y puede mejorar el rendimiento de crecimiento de los pollos de engorda (Haitao et al., 2022).

2.4.1.4.2.4.2 Características del probiótico

Los probióticos son capaces de aumentar la productividad y la salud de los animales, capacidad para adherirse a la mucosa intestinal y crecer rápidamente, tolerar los procesos de fabricación, transporte y almacenamiento que se aplican a los alimentos y mantener sus características vitales (Luise et al., 2022). Para ser un buen probiótico, *Bacillus* debe poseer tolerancia al estrés gastrointestinal, además de tener buenas propiedades de adhesión y bioterapéuticas (Thakur et al., 2016).

2.4.1.4.3 Prebióticos

Los prebióticos son azúcares de estructura compleja (lactulosa, lactitol, fructo-oligosacáridos y la inulina) que funcionan como combustible para las bacterias saludables y que son capaces de estimular su propio crecimiento y actividad, frenando simultáneamente el crecimiento de organismos dañinos (Sorrondogui, 2012).

Los prebióticos son ingredientes alimentarios no digeribles que estimulan el crecimiento y/o la actividad de la microflora beneficiosa en el sistema digestivo. Los prebióticos son fermentados selectivamente en el colon por bacterias beneficiosas como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* (Al Kalaifha, 2018).

2.4.1.5 Otros aditivos

2.4.1.5.1 Combinados vitamínicos y minerales

Minerales premezclas que contienen vitaminas o minerales más importantes que confieren un crecimiento saludable en los pollos de engorda (Leonidas, 2003).

2.4.1.5.2 Aditivos fitogénicos

Los aditivos fitogénicos son extractos de origen vegetal, son añadidas a las dietas para animales, presentan excelentes propiedades biológicamente activas, efectos antioxidantes, antiinflamatorios, antimicrobianos, potenciadores del

crecimiento y de la digestibilidad de los nutrientes al promover la microbiota intestinal. Así mismo, los aditivos fitogénicos promueven un mejor rendimiento animal, eficiencia y conversión alimentaria (Murugesan et al., 2015).

El orégano utilizado como aditivo presenta componentes como el carvacrol, timol y destaca por tener excelentes acciones digestivas, así como poseer efectos bacteriostáticos y antioxidantes. Es capaz de incrementar la eficiencia en la utilización de nutrientes en la dieta y palatabilidad en sistemas donde se utilizan alimentos o subproductos de bajo valor nutricional, mejorar la conversión alimentaria. Por otro lado, su uso tiene impacto económico positivo porque reduce el costo de tonelada de alimento (Ayala et al., 2006).

2.4.1.5.3 Pigmentos

Los pigmentos o colorantes se adicionan a la dieta para conferir un color amarillo en la piel y en la carne de las aves, debido a las preferencias de los consumidores. Existen pigmentos elaborados químicamente y adquiridos de extractos naturales de plantas como el marigold (cempasúchil), la cual confiere el color amarillo (Leonidas, 2003).

Xantofila es el pigmento natural que permite intensificar el color de la yema de los huevos y mejorar el color de la piel y el aspecto de la canal (FAO, 2013).

2.4.1.5.4 Antioxidantes

Butilhidroxitoluol (BHT), butilhidroxianisol (BHA), etoxiquina, usados para evitar la autooxidación de grasas y aceites en la dieta (FAO, 2013).

2.4.1.5.5 Antifúngicos:

Adicionados para controlar el crecimiento de moho en los alimentos; mitigar los efectos negativos de las micotoxinas (FAO, 2013)

III. JUSTIFICACIÓN.

A nivel mundial, existe la necesidad de producir alimentos de calidad que cubran la demanda para el consumo humano. En adición, la producción avícola ha contribuido para satisfacer esa necesidad de producción de alimento para consumo humano y ha ido creciendo constantemente, siendo favorecida por las constantes mejoras genéticas que se han desarrollado, permitiendo un rápido crecimiento de los pollos en periodos de tiempo más cortos.

Actualmente, la avicultura es la actividad pecuaria con mayor crecimiento en México, ya que la producción nacional incrementa cada año al igual que el consumo per-cápita.

Para que exista un adecuado crecimiento en los pollos de engorda se requiere una alimentación adecuada que permita un buen aprovechamiento de los nutrientes incluidos en las dietas que reciben, sin embargo, debido a la manipulación genética ha incrementado el rápido crecimiento en las aves, y por lo cual se requiere adicionar aditivos en las dietas de los pollos para ayudar al buen funcionamiento del tracto gastrointestinal.

Existen diversos aditivos que se incluyen en las dietas de las aves para modificar e incrementar la actividad de catabolismo de nutrientes en el intestino delgado, favoreciendo la absorción de nutrientes; *Bacillus amyloliquefaciens* es una especie de bacteria del género *Bacillus* que ha demostrado estabilizar la microbiota intestinal de los pollos, teniendo la capacidad de producir ácido láctico, ayudando a modificar el pH intestinal, y hacer más tolerante las secreciones gástricas y biliares. Por otro lado, la tributirina es la unión de glicerol a tres moléculas de ácido butírico, que

ayudan a la integridad intestinal reduciendo las lesiones en mucosa intestinal, incrementando la longitud de las vellosidades intestinales, y, por lo tanto, incrementando la digestibilidad de los nutrientes.

Por lo antes mencionado, es de suma importancia evaluar la inclusión de *Bacillus amyloliquefaciens* y Tributirina en la dieta de pollos de la línea Sasso en el comportamiento productivo y características de la canal en etapa de crecimiento-finalización.

IV. HIPÓTESIS

La inclusión de *Bacillus amyloliquefaciens* y Tributirina en dietas para pollo en etapa de crecimiento finalización de la línea Sasso incrementa el comportamiento productivo y modifica las características de la canal y la calidad nutritiva de la carne.

V. OBJETIVOS

5.1 objetivo general

Evaluar la respuesta productiva y las características de la canal en pollos línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y Tributirina en la dieta.

5.2 objetivos específicos

Medir el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión y eficiencia alimenticia en pollos línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y Tributirina en la dieta.

Estimar los cortes primarios de pollos línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y Tributirina en la dieta.

VI. MATERIAL Y MÉTODO

6.1. MATERIAL

6.1.1 Material de campo

- Jaulas acero inoxidable de 55 x 55 x 55 cm
- Bebederos de plástico tipo tazón, de ½ litro de capacidad
- Comederos de plástico tipo tazón, de 1 kg de capacidad
- Báscula digital
- Cubeta o bote con capacidad de 10 litros
- Dos carritos utilitarios
- Libreta con formatos de registros
- Lapicero
- Overol
- Botas de hule
- Cubrebocas

6.1.2 Material biológico

216 pollos de engorda Sasso con peso vivo promedio de 400 gramos.

6.2 MÉTODO

6.2.1 Animales e Instalaciones

El procedimiento experimental se llevó a cabo en el Área Experimental Avícola ubicada en la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, localizada en el Cerrillo Piedras Blancas, Estado de México.

Antes de iniciar el periodo experimental se construyeron las jaulas metálicas de alambre inoxidable y se le colocaron los bebederos y comederos; posteriormente, se ubicaron en la Unidad Experimental Avícola y se identificaron, asignando numeración consecutiva a cada jaula.

Se utilizaron 216 pollos de la línea Sasso con un peso inicial promedio de 400 gramos que fueron divididos y asignados a uno de los cuatro tratamientos experimentales. Se alojaron tres aves por jaula, siendo 18 jaulas por tratamiento, y se mantuvieron en producción hasta los 47 días post nacimiento.

6.2.2 Dietas y Tratamiento

Las dietas experimentales se especifican a continuación:

- T1: Dieta Testigo
- T2: Dieta Testigo + la inclusión de *Bacillus amyloliquefaciens* (500g/Ton).
- T3: Dieta Testigo + la inclusión de Tributirina (1000 g/Ton).

- T4: Dieta Testigo + la inclusión de *Bacillus amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton + 1000 g/Ton, respectivamente).

Las dietas experimentales que se ofrecieron cubrieron los requerimientos nutricionales de los pollos y fueron mezcladas en la planta de alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. Las dietas elaboradas estuvieron almacenadas en recipientes para prevenir que la fauna nociva contactara con el alimento.

6.2.3 Desarrollo experimental

Para iniciar el experimento se homogenizó la población por grupos de tres pollos por jaula, es decir, se ocuparon 18 jaulas por tratamiento que se colocaron de manera consecutiva (T1, T2, T3, y T4, respectivamente); posteriormente, se llevó a cabo el pesaje de todas las aves por jaula y se les ofreció alimento calculando que las aves consumieran el alimento durante el día para posteriormente poder pesar el rechazo y así calcular el consumo diario de alimento. Los pollos iniciaron con un peso vivo aproximado de 400 gramos y se pesaron una vez a la semana durante los 47 días a las 8:00 h.

Se realizó el cambio de cama de las aves cada tres días para prevenir enfermedades causadas por el estancamiento de heces y agua, evitando así la presencia de humedad que favorece a la proliferación de parásitos como coccidia, que afecta el tracto gastrointestinal ocasionando diarreas sanguinolentas y muerte. Se realizaron las medidas preventivas necesarias para mantener la sanidad de las

aves durante todo el periodo experimental con manejo de la remoción de la cama y el lavado de los recipientes plásticos (comedero y bebedero).

Se administró el agua diariamente en dos periodos: durante la mañana en un horario de 08:00-09:00 horas del día y por la tarde en un horario de 16:00 - 17:00 horas. Los registros del consumo diario de alimento y peso vivo del animal se almacenaron diariamente para su posterior análisis. En la figura 2 muestra el desarrollo del experimento e investigación en días, de cada uno de los parámetros evaluados.

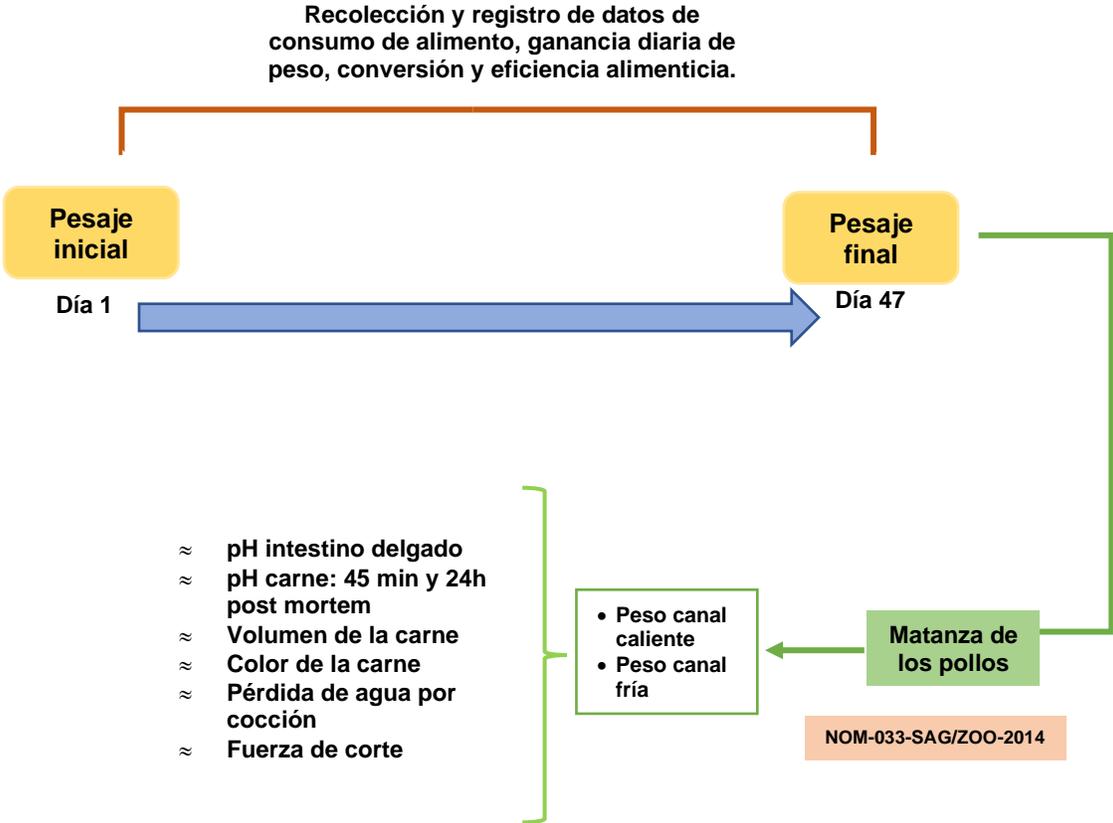


Figura 2. Esquema del desarrollo experimental.

6.2.4 Comportamiento productivo

Se registró semanalmente el peso vivo de las aves y diariamente el consumo de alimento durante todo el periodo experimental, posteriormente se calculó la conversión y eficiencia alimenticia de todo el periodo experimental.

Concluyendo los 47 días experimentales, los pollos se pesaron para obtener el peso vivo final y fueron llevados al área de matanza siguiendo las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM-033-SAG/ZOO-2014), métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres.

6.2.4.1 Consumo diario de alimento

El consumo de alimento de los pollos se registró diariamente, el alimento se ofreció por las mañanas (8:00 – 9:00 h) y al día siguiente se retiró y se pesó el rechazo para obtener por diferencia el alimento consumido. El consumo de agua fue ad-libitum.

6.2.4.2 Ganancia diaria de peso (GDP)

El peso de los pollos se realizó semanalmente, en un horario de las 8:00 – 9:00 h, durante todo el periodo experimental. La ganancia diaria de peso se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{GDP} = (\text{Peso vivo final} - \text{Peso vivo inicial}) / \text{Periodo (días)}$$

6.2.4.3 Conversión alimenticia (CA)

Para calcular este parámetro se tomaron los valores del consumo de alimento y la ganancia de peso, utilizando la siguiente fórmula:

$$CA = \text{Consumo de alimento total} / \text{Ganancia total de peso}$$

6.2.4.4 Eficiencia alimenticia (EA)

Para calcular la eficiencia alimentaria se emplearon los valores de ganancia total de peso y consumo total de alimento, mediante la siguiente fórmula:

$$EA = (\text{Ganancia total de peso} / \text{Consumo total de alimento}) \times 100$$

6.2.4.5 Peso vivo final a la matanza, peso canal caliente, peso canal fría y rendimiento de la canal

Al llegar el último día del experimento se obtuvieron los datos del peso vivo final de los pollos. Se realizó la matanza de acuerdo con las especificaciones que están descritas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-033-ZOO-2014). Se realizó el desangrado a través de un corte lateral en el cuello (degolle), y se introdujo el animal en el cono de sangrado. Posteriormente a la matanza se realizó el escaldado, los

pollos se desplumaron posterior a su inmersión en agua la cual mantuvo a una adecuada temperatura (51 Celsius durante 2 minutos), obteniendo un correcto desplume y eviscerado.

A los 45 minutos post- matanza se pesó la canal para registrar el valor del peso de la canal caliente; Después de transcurrir 24 horas de refrigeración a 4°C, se pesó nuevamente la canal, obteniendo el peso de canal fría. Para conseguir el rendimiento de la canal se utilizaron los valores de peso canal fría y peso vivo a la matanza mediante la siguiente fórmula:

$$RC = (\text{Peso canal fría} / \text{Peso vivo a la matanza}) \times 100$$

6.2.4.6 Mediciones instrumentales.

6.2.4.6.1 Medición de pH en intestino delgado.

Se tomaron los valores de pH en el intestino delgado en las tres porciones (duodeno, yeyuno e íleon).

6.2.4.6.2 Medición de pH en Carne

Se evaluó el pH, con ayuda del potenciómetro, a través de la perforación de la carne en tres cortes primarios del ave (pechuga, muslo y pierna), se penetró el electrodo perpendicular a la masa muscular considerando dos centímetros de

profundidad, y posteriormente se obtuvo el valor medido. El pH se midió a los 45 minutos y 24 h post-matanza.

6.2.4.6.3 Volumen

El volumen se midió introduciendo los cortes primarios en recipientes aforados a 1000 mililitros de agua y se introdujo el corte primario y por desplazamiento de agua se midió el volumen del corte primario, bajo la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen (cm}^3\text{)} = \text{Agua total en el recipiente} - \text{agua total desplazada}$$

6.2.4.6.4 Color

Se realizó la toma de medición del color en la carne presente en los tres cortes primarios del ave (pechuga, muslo y pierna), con ayuda de un colorímetro que evaluó la luz mediante el uso de filtros de tres o cuatro colores (longitud de onda específica), y se obtuvo L* (Luminosidad) de claro a oscuro, a* de verde a rojo y b* de azul a amarillo, Cromo o saturación (c*) y Hue o tono (H*).

6.2.4.6.3 Pérdida de agua por cocción.

Se obtuvo una muestra de carne de los tres cortes primarios (pechuga, muslo y pierna), promedio de 5 g con espesor de 1.5 cm, la cual se introdujo en bolsa de polietileno y fue sometida a baño maría a una temperatura de 75°C; transcurrida 1

hora, la muestra se separó de la bolsa, se secó con papel filtro (sin hacer presión) y se pesó. El porcentaje de pérdida de agua por cocción (% PA) se calculó con la siguiente ecuación:

$$PA = (P_i - P_f) \times 100$$

Donde:

P_i es el peso inicial de la muestra y P_f es el peso final de la muestra.

6.2.4.6.4 Fuerza de corte

Para evaluar la fuerza de corte de una muestra de carne obtenida posterior al cálculo de pérdida de agua por cocción y de obtener valores de resistencia al corte (kg/cm^2), se implementó un equipo Warner- Bratzler, el cual realizó un corte perpendicular a las fibras con la ayuda de dos cuchillas.

6.2.5 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. El comportamiento productivo se evaluó con PROC GLM del paquete estadístico SAS (2002).

Los datos obtenidos se analizaron, de acuerdo con el siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij},$$

donde:

y_{ij} es el valor de la observación,
 μ es el promedio de la población,
 τ_i es el efecto del tratamiento y
 ε_{ij} es el error experimental.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey, considerando diferencias significativas entre medias si $P < 0.05$ (Steel et al., 1997).

VII LÍMITE DE ESPACIO

El trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, en el área avícola de la Posta Zootécnica, ubicada en El Cerrillo Piedras Blancas, municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México. La comunidad está ubicada entre las coordenadas 19° 24' latitud Norte y 99° 40' longitud Oeste (Arriaga et al., 1999), se encuentra a una altitud de 2593 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado subhúmedo con temperatura media anual de 8.2 °C y la precipitación media anual es de 738.6 mm, la estacionalidad seca es entre los meses de noviembre- febrero y la lluviosa entre junio-septiembre, la temperatura media más fría de 2.4 °C es en diciembre y la temperatura media de 11.5 °C en junio (Álvarez et al., 2016).

VIII. LÍMITE DE TIEMPO

La investigación se realizó en cuatro fases

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1.- Protocolo. | Agosto 2023 |
| 2.- Trabajo de campo (Experimento). | Septiembre 2023 |
| 3.- Trabajo de análisis estadísticos e Interpretación de datos (dietas). | Octubre a noviembre 2023 |
| 4.- Redacción y revisión de tesis. | Diciembre 2023 a marzo 2024 |

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pollos que se tuvieron en el experimento permanecieron sanos durante todo el periodo experimental.

9.1 Comportamiento productivo

En el cuadro 1 se presenta el comportamiento productivo en pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y Tributirina en la dieta, en donde se observa que en el peso vivo inicial (g) y el peso vivo final no existieron diferencias ($P > 0.05$) significativas entre los tratamientos, por otro lado, en la ganancia diaria de peso y ganancia total de peso de las aves no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

Con respecto al consumo diario de alimento y al consumo total de alimento no existieron diferencias ($P > 0.05$) significativas entre los tratamientos. Sin embargo en la conversión alimenticia se observó que en tratamiento con la combinación de *Bacillus amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton, respectivamente) se obtuvo un valor de 3.34, siendo mayor ($P < 0.05$) a los obtenidos en los tratamientos testigo, *Bacillus amyloliquefaciens* y con Tributirina, respectivamente, mientras que en la eficiencia alimenticia el tratamiento con la inclusión de *Bacillus amyloliquefaciens* (500 g/Ton) obtuvo el valor más alto ($P > 0.05$) comparado con la dieta que tuvo la combinación de *Bacillus amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), y a la vez siendo similar a las dietas testigo y la dieta que contenía Tributirina (1 kg/Ton).

Estudios realizados por Gong et al. (2021), muestran un menor crecimiento con una ganancia diaria promedio de peso de 29.5g en pollos de engorda que consumieron alimento con 250 mg/kg tributirina. Los pollos utilizados en su estudio se realizaron en pollitas seleccionadas de pluma amarilla, en el cual, se inició a un peso vivo de 37 g, y se sacrificaron a un peso vivo de 1609 g. En el presente estudio se inició el experimento con pollos de 400.7 g de peso vivo y se sacrificaron a un peso de 2470.7 g, siendo la ganancia diaria de peso de 44g. En ambos estudios no existió diferencia entre los tratamientos que contenían tributirina comparados con sus testigos, respectivamente, por lo cual, la tributirina añadida en pollos no afecta el crecimiento de los animales. Sin embargo, en el presente estudio el consumo diario de alimento fue superior comparado con el testigo.

Por otro lado, Song et al. (2002) realizó un estudio adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* a diferentes dosis en pollos machos Arbor Acres con un peso vivo inicial de 45 g, en el cual se observó, que la ganancia diaria de peso fue de 58.5 g con un consumo promedio de alimento de 90.1 g diario y con una conversión alimenticia de 1.5. En el presente estudio los pollos que consumieron *Bacillus amyloliquefaciens* tuvieron una ganancia diaria de peso de 43.5g con un consumo promedio de alimento diario de 121.9g y una conversión alimenticia de 2.81g, la diferencia observada entre los dos experimentos pudo deberse a las diferentes líneas genéticas estudiadas, y a la vez, a la diferencia de altura que existe en donde se realizaron ambos experimentos, siendo Toluca un lugar que se encuentra a 2593 m sobre el nivel del mar, y esto implica que existe menos oxígeno en el medio ambiente y que es necesario para un óptimo crecimiento de los pollos. Por otro lado,

el pollo Sasso es un ave que tiene un ritmo de crecimiento menor comparado con otras líneas, lo cual, se vio reflejado en el experimento cuando se compara con otros tipos de aves. Por lo cual, en el presente estudio, no tuvo ningún efecto positivo en el comportamiento productivo al adicionarle *Bacillus amyloliquefaciens* ni tributirina en la dieta, ya que, el crecimiento fue similar.

Cuadro 1. Comportamiento productivo en pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

Variable	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de P
	Testigo	B.A	Tributirina	B.A + Tributirina		
Peso vivo Inicial (g)	400.5	401.1	400.7	393.1	4.99	0.626
Peso vivo final (g)	2394.6	2449.4	2470.7	2361	110.36	0.890
Ganancia diaria de peso (g)	42.4	43.5	44.0	41.8	2.33	0.908
Ganancia Total de peso (g)	1994.1	2048.2	2070	1967.9	109.68	0.9081
Consumo diario de alimento (g)	125.3	121.9	125.8	137.3	6.67	0.408
Consumo total de alimento (g)	5891.5	5730.6	5914.5	6455.1	313.83	0.408
Conversión alimenticia	2.97 ^b	2.81 ^b	2.87 ^b	3.34 ^a	0.081	0.0001
Eficiencia alimenticia	0.33 ^{ab}	0.35 ^a	0.33 ^{ab}	0.30 ^b	0.009	0.0013

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributirina. ²=Error estándar medio, ^{a b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes (P<0.05).

9.2 Evaluación de la canal

En el cuadro 2 se muestra el peso antes de la matanza de los pollos (g), el peso de la canal caliente (g), peso canal fría (g), pérdida de agua (g y %) y rendimiento de la canal, en donde se observó que no existió diferencia ($P > 0.05$) significativa entre los tratamientos.

Ahmat *et al.* (2021) realizaron un estudio en pollos Ross 308 desde un día de nacidos y hasta alcanzar un peso vivo de sacrificio de 1783 g, a los cuales les añadió *Bacillus Amyloliquefaciens* en la dieta, en donde obtuvieron un rendimiento de la canal del 73.99 %. Por otro lado, los estudios relacionados con la inclusión de tributirina en la dieta están enfocados a las mediciones morfológicas de las vellosidades intestinales y a la vez a la salud intestinal, puesto que su función está enfocado en cambiar el pH, en el tracto digestivo, sin embargo, no existen investigaciones en donde se relacione su efecto de la adición de este aditivo relacionado con el rendimiento de la canal. En el presente estudio, no hubo efecto en el rendimiento de la canal en la adición de ambos aditivos (*Bacillus amyloliquefaciens*, Tributirina y su combinación)

Cuadro 2. Peso y rendimiento de la canal en pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

Variable	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de P
	Testigo	B. A	Tributirina	B. A + Tributirina		
Peso vivo a la matanza	2321.45	2227.50	2278.93	2271.32	55.835	0.709

(g)						
Peso canal caliente (g)	1803.29	1748.47	1768.57	1735.88	49.434	0.796
Peso canal fría (g)	1786.45	1735.83	1728.21	1721.47	46.667	0.755
Pérdida de agua por goteo	27.545	27.609	24.576	23.421	3.717	0.820
Pérdida de agua por goteo (%)	1.852	1.540	1.343	1.598	0.2197	0.387
Rendimiento de la canal	76.711	77.839	75.831	76.177	0.8376	0.3502

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributurina. ²=Error estándar medio.

9.3 Peso de cortes primarios

En el cuadro 3 se presenta el peso de cortes primarios de pollos alimentados con *B. amyloliquefaciens* y Tributirina, en donde el peso de la cabeza en el tratamiento con Tributirina (1 kg/Ton) tuvo un valor de 58.06g, siendo similar al tratamiento testigo, y a la vez fue mayor ($P < 0.05$), comparado con los tratamientos con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) y tratamiento de *B. amyloliquefaciens* + tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton). Con respecto al peso del cuello, peso de las alas, peso de la pechuga, peso de las piernas y peso de las patas, no se observaron diferencias ($P < 0.05$) significativas entre los tratamientos. Por otro lado, se observó que en el peso del muslo en el tratamiento testigo obtuvo un valor de 270.29g, siendo similar al tratamiento que contenía ambos aditivos y, a la vez, siendo mayor ($P < 0.05$),

comparado con los tratamientos con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton), tratamiento con Tributirina (1 kg/Ton).

Por otro lado, se observó que, en cuanto al peso de la rabadilla, en el tratamiento que contenía *B. amyloliquefaciens* + Tributirina, se obtuvo un valor de 210.53g, siendo similar a la dieta con Tributirina con un valor de 205.94g, y a la vez mayor ($P < 0.05$) a los obtenidos en los tratamientos testigo, y tratamiento con *B. amyloliquefaciens*, respectivamente.

Mientras que, en el peso del huacal, el tratamiento con la inclusión de *B. amyloliquefaciens*, obtuvo un peso de 150.53g, siendo similar con las dietas testigo y con la combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina, y a la vez, fue mayor ($P < 0.05$) comparado con la dieta que tuvo la inclusión de Tributirina (1kg/Ton).

La adición de tributirina en la dieta para aves se encuentra actualmente en estudio, por lo cual, no existen reportes con respecto a la evaluación de características de la canal en pollos alimentados con este aditivo, sin embargo, en pollos alimentados con diferentes dosis de palma de coco muestran que el % de pechuga fue de 31.7 %, este dato es mayor comparado con lo obtenido en el presente estudio, ya que el % de pechuga solo representa el 24.67 % esta diferencia puede deberse a la diferencia de líneas genéticas utilizadas (Ekanem et al., 2016).

Cuadro 3. Peso de cortes primarios (g) de pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

Peso (g)	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de <i>P</i>
	Testigo	<i>B. A</i>	Tributirina	<i>B. A +</i> Tributirina		
Cabeza	56.73 ^{ab}	54.28 ^b	58.06 ^a	53.63 ^b	0.8955	0.012
Cuello	130.21	125.69	128.14	126.72	2.1191	0.4693
Alas	196.17	190.53	195.15	191.56	3.0047	0.4869
Pechuga	432.96	412.93	426.41	394.55	10.9883	0.0672
Piernas	207.67	216.37	211.21	213.92	3.6413	0.3862
Muslo	270.29 ^a	231.11 ^c	245.00 ^{bc}	257.24 ^{ab}	5.5875	<.0001
Rabadilla	193.39 ^b	193.38 ^b	205.94 ^{ab}	210.53 ^a	3.8739	0.0028
Huacal	142.97 ^{ab}	150.53 ^a	136.71 ^b	147.74 ^{ab}	3.6101	0.0454
Patas	76.21	76.42	78.03	78.44	1.5798	0.6787

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributirina. ²=Error estándar medio, ^{a b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

9.4 Volumen de pechuga, pierna y muslo

En el cuadro 4 se presenta el volumen de pechuga, pierna y muslo de pollos alimentados con *B. amyloliquefaciens* y Tributirina, en donde se observa que el volumen de pechuga en el tratamiento testigo se obtuvo un valor de 402.12 cm³, siendo similar al tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) y al tratamiento con tributirina (1kg/Ton), y a la vez fue mayor ($P < 0.05$) al obtenido en el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton).

Con respecto al volumen de pierna, se observó que en el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) se obtuvo un valor de 200.96 cm³, siendo similar a lo obtenido con el tratamiento testigo y el tratamiento con Tributirina (1kg/Ton), y a la vez, siendo mayor ($P < 0.05$), en comparación con el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton).

Mientras que, en el volumen de muslo, se observó que en el tratamiento testigo se obtuvo un valor de 252.93, siendo similar a lo obtenido con el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), y a la vez fue mayor ($P < 0.05$) en comparación con los tratamientos *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) y Tributirina (1kg/Ton), respectivamente.

El volumen de los cortes primarios en pollos es una variable muy poco incluido en estudios, sin embargo, nos da valores en cm³ y nos señala la cantidad existente de los cortes. Aunque en el peso (g) no existió efecto ($P < 0.05$) de la inclusión de los aditivos en la dietas para pollos Sasso, se observó que la pechuga y pierna fueron los cortes con mayor tamaño en los pollos del tratamiento testigo y en los que consumieron los aditivos solos por separado, y de menor tamaño los pollos que consumieron ambos aditivos juntos, lo cual podríamos mencionar que la combinación de estos aditivos no incrementa el volumen. Aún falta explicar el efecto, ya que no existen reportes de lo que sucede a nivel celular para explicar por qué se da el crecimiento muscular.

Cuadro 4. Volumen de pechuga, pierna y muslo de pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

Volumen (cm ³)	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de <i>P</i>
	Testigo	B. A	Tributirina	B. A + Tributirina		
Pechuga	402.12 ^a	372.86 ^{ab}	378.03 ^{ab}	365.81 ^b	9.6890	0.0657
Pierna	193.75 ^{ab}	200.96 ^a	192.50 ^{ab}	186.56 ^b	3.4299	0.0296
Muslo	252.93 ^a	220.71 ^b	223.38 ^b	235.62 ^{ab}	5.1697	<.0001

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributirina. ²=Error estándar medio, ^{a b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes (p<0.05).

9.5 pH muscular de pechuga, pierna y muslo

En el cuadro 5 se presenta el pH del músculo de pechuga, pierna y muslo de pollos alimentados con *B. amyloliquefaciens* y Tributirina, en donde se observa que en el pH de pechuga a los 45 minutos postmortem, en el tratamiento testigo se obtuvo el valor de 6.51, siendo similar al obtenido en el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) y en el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), y a la vez fue mayor (P < 0.05) en comparativa con el tratamiento con Tributirina (1kg/Ton).

Con respecto al pH de pechuga a las 24 horas postmortem, en el tratamiento testigo se obtuvo el valor de 6.29, siendo similar al obtenido en el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina, y a la vez fue mayor (P < 0.05)

en comparación con el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* y el tratamiento con Tributirina, respectivamente.

En el pH de pierna a los 45 minutos post mortem, en el tratamiento testigo se obtuvo el valor de 6.57, y en el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) se obtuvo el valor de 6.53, y a la vez siendo similares al obtenido con el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina, y a la vez siendo mayores ($P < 0.05$) en comparación con el tratamiento tributirina (1kg/Ton).

Mientras que en el pH de pierna y muslo a las 24 horas post mortem, los valores obtenidos en el tratamiento testigo y el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina, fueron mayores ($P < 0.05$) comparado con el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton).

Con respecto al pH del muslo a los 45 minutos post mortem no existieron diferencias ($P > 0.05$) significativas entre los tratamientos.

El efecto estudiado, en la adición de *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en dietas para animales es a nivel intestinal, sin embargo, se observó en el presente estudio, que las dietas que se les añadió tributirina tuvieron un pH más ácido en la pechuga y pierna. La tributirina es un glicerol unido a tres ácidos butíricos, que se disocian en el intestino delgado por efecto de las lipasas y secreción biliar y que, a la vez, son absorbidas por los enterocitos, lo cual puede incorporarse a las células musculares y así modificar el pH de la carne (Xiong et al., 2018).

Cuadro 5. pH del musculo de pechuga, pierna y muslo de pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

pH	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de P
	Testigo	B. A	Tributirina	B. A+ Tributirina		
Pechuga, 45 m	6.51 ^a	6.47 ^{ab}	6.33 ^b	6.38 ^{ab}	0.0400	0.0027
Pechuga, 24 h	6.29 ^a	6.20 ^b	6.20 ^b	6.26 ^{ab}	0.0206	0.0032
Pierna, 45 m	6.57 ^a	6.53 ^a	6.42 ^b	6.46 ^{ab}	0.0296	0.0296
Pierna, 24 h	6.37 ^a	6.30 ^b	6.36 ^{ab}	6.37 ^a	0.0197	0.0234
Muslo, 45 m	6.53	6.51	6.43	6.50	0.0318	0.0909
Muslo, 24 h	6.39 ^a	6.31 ^b	6.36 ^{ab}	6.42 ^a	0.0188	0.0008

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributirina. ²=Error estándar medio, ^{a b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes (p<0.05).

9.6 pH de duodeno, yeyuno e íleon

En el cuadro 6 se presenta el pH de duodeno, yeyuno e íleon de pollos alimentados con *B. amyloliquefaciens* y Tributirina, en donde se observa que referente al pH de duodeno y yeyuno, los valores obtenidos en el tratamiento con tributirina (1kg/Ton) y en el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), fueron mayores (P < 0.05) en comparación con los tratamientos testigo y *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton).

Mientras que, en el pH de íleon, en el tratamiento con Tributirina (1kg/Ton) se obtuvo el valor de 6.73, siendo similar a lo obtenido en el tratamiento en combinación de *B.*

amyloliquefaciens + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), y a la vez siendo mayor ($P < 0.05$) en comparación con los tratamientos testigo y *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton).

Al adicionar tributirina en la dieta, existen cambios en el pH intestinal, lo que conlleva a un cambio en la morfología intestinal; Hu et al. (2022) adicionaron tributirina en la dieta de pollos Ross durante todo el periodo de vida de los pollos y observo que los pollos tuvieron una mejor integridad intestinal, lo que se tradujo en un mayor crecimiento mejorando la digestibilidad de nutrientes, y a la vez disminuyendo el crecimiento bacteriano nocivo para los pollos. El efecto en el presente estudio del cambio del pH en las tres porciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) estuvo dado por la adición de tributirina, sin embargo, no se vio reflejado en el crecimiento de los animales, esto pudo deberse a la línea genética que se utilizó (Sasso) ya que son de menor ritmo de crecimiento comparado con los resultados de otros estudios que se realizan en aves de muy rápido crecimiento.

Cuadro 6. pH de duodeno, yeyuno e íleon de pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

pH	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de P
	Testigo	B. A	Tributirina	B. A+ Tributirina		
Duodeno	6.19 ^b	6.07 ^b	6.40 ^a	6.41 ^a	0.0376	<.0001
Yeyuno	6.27 ^b	6.22 ^b	6.53 ^a	6.52 ^a	0.0295	<.0001
Íleon	6.57 ^b	6.52 ^b	6.73 ^a	6.64 ^{ab}	0.0399	0.0009

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributirina. ²=Error estándar medio, ^{a b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

9.7 Pérdida de agua

En el cuadro 7 se presenta la pérdida de agua por cocción en pechuga, muslo y pierna de pollos alimentados con *B. amyloliquefaciens* y Tributirina, en donde en la pérdida de agua por cocción en pechuga referente a el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) se obtuvo el valor de 24.57%, siendo similar a lo obtenido en los tratamientos con Tributirina (1kg/Ton) y tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina, y a la vez siendo mayor ($P < 0.05$) en comparación con el tratamiento testigo.

Por otro lado, en la pérdida de agua por cocción de muslo y pierna, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

No existen estudios relacionados con la adición de aditivos en estudio con las características de la carne, sin embargo, se observó, que la pérdida de agua por cocción fue mayor en las dietas que tuvieron algún tipo de aditivos (*Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina) comparados con el testigo, lo cual hace referencia para realizar más estudios con respecto a este efecto de los aditivos.

Cuadro 7. Pérdida de agua por cocción en pechuga, muslo y pierna de pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

Pérdida de agua por cocción (%)	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de P
	Testigo	B. A	Tributirina	B. A+ Tributirina		
Pechuga	21.930 ^b	24.57 ^a	22.740 ^{ab}	22.724 ^{ab}	0.5299	0.0090
Muslo	21.930 ^b	28.95 ^a	29.504 ^a	28.468 ^a	0.5465	<.0001
Pierna	21.931 ^b	28.50 ^a	27.169 ^a	27.222 ^a	0.7417	< .0001

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributirina. ²=Error estándar medio, ^{a b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes (p<0.05).

9.8 Fuerza de corte

En el cuadro 8 se presenta la fuerza de corte en pechuga, muslo y pierna de pollos alimentados con *B. amyloliquefaciens* y Tributirina, en donde en el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton) se obtuvo un valor de 1.77 kg/cm², siendo similar a lo obtenido en el tratamiento con Tributirina (1kg/Ton) y al tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina, y a la vez siendo mayor (P < 0.05) en comparación con lo obtenido en el tratamiento testigo. Mientras tanto, en fuerza de corte de muslo, con el tratamiento testigo se obtuvo el valor de 1.4470 kg/cm², siendo similar a lo obtenido en el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* y con el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), y a la vez siendo mayor (P < 0.05) en comparación con el tratamiento con Tributirina.

Con respecto a los valores de fuerza de corte en pierna no existieron diferencias ($P > 0.05$) significativas entre los tratamientos. Por otro lado, en la pechuga en la variable de fuerza de corte, se observó, que los animales que recibieron algún aditivo fueron carnes más duras comparadas con el testigo, este efecto puede deberse a que esa carne tuvo mayor pérdida de agua por cocción y por lo cual se volvió una carne más dura. Sin embargo, se requieren realizar más estudios para entender los efectos de estos aditivos.

Cuadro 8. Fuerza de corte pechuga, muslo y pierna de pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

Fuerza de corte (kg/cm ²)	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de <i>P</i>
	Testigo	<i>B. A</i>	Tributirina	<i>B. A+</i> Tributirina		
Pechuga	1.187 ^b	1.773 ^a	1.380 ^{ab}	1.593 ^{ab}	0.1105	0.0039
Muslo	1.447 ^a	1.100 ^{ab}	0.944 ^b	1.203 ^{ab}	0.1196	0.0381
Pierna	1.388	1.234	1.255	1.245	0.130	0.8224

¹= Testigo; *B.A*: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributurina. ²=Error estándar medio, ^{a b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes ($p < 0.05$).

9.9 Color

En el cuadro 9 se presenta el color con los valores L, a, b, C y H en pechuga, muslo y pierna de pollos alimentados con *B. amyloliquefaciens* y Tributirina, en donde se observa que en el valor L de pechuga, pierna y muslo no se observaron diferencias ($P > 0.05$) significativas entre los tratamientos, por otro lado, se observó que en el

valor a de pechuga y pierna no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

Mientras que, en el valor a de muslo se observó que en el tratamiento con Tributirina (1kg/Ton) se obtuvo un valor de 6.698, siendo similar a lo obtenido en el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), y a la vez fue superior ($P > 0.05$) en comparación con los demás tratamientos.

Por otro lado, se observa que en el valor b de pechuga, pierna y muslo no se observaron diferencias ($P > 0.05$) significativas entre los tratamientos, por otro lado, se observó que en el valor C de pechuga no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

En cuanto al valor de C de pierna, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos de *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton), el tratamiento con Tributirina (1kg/Ton) y el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), los valores son superiores ($P < 0.05$) y similares, en comparación con el tratamiento testigo.

Mientras que, en el valor de C de muslo, se observó que en el tratamiento con Tributirina (1kg/Ton) se obtuvo un valor de 7.928, siendo similar a lo obtenido en el tratamiento de *B. amyloliquefaciens* (500g/Ton), y el tratamiento en combinación de *B. amyloliquefaciens* + Tributirina (500g/Ton y 1kg/Ton), y a la vez fue superior ($P < 0.05$), en comparación el tratamiento testigo.

Con respecto al valor H de pechuga, pierna y muslo, no se observaron diferencias ($P > 0.05$) significativas entre los tratamientos (Cuadro 9).

La evaluación del color es una parte esencial de la investigación de la carne, el desarrollo de productos y la resolución de problemas de procesamiento. La carne de pollo se considera una carne blanca (King et al., 2023). En términos generales, *Bacillus amyloliquefaciens* y la tributirina no afecta el color de la carne, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos en el presente estudio, puesto que su acción se encuentra en el interior del intestino delgado, lo que puede modificar la absorción de nutrientes y verse reflejado en ciertas características de la canal. Por lo cual, en pollos Sasso del presente experimento no se modificaron los parámetros del color.

Cuadro 9. Color en pechuga, pierna y muslo de pollos de la línea Sasso adicionando *Bacillus amyloliquefaciens* y tributirina en la dieta.

Color	Tratamientos ¹				EEM ²	Valor de <i>P</i>
	Testigo	<i>B. A</i>	Tributirina	<i>B. A</i> + Tributirina		
L						
Pechuga	56.393	56.230	56.423	58.020	0.843	0.3891
Pierna	55.029	55.202	53.986	54.920	0.895	0.7632
Muslo	52.135	53.281	52.311	52.202	0.771	0.7049
a						
Pechuga	1.320	1.410	1.826	1.553	0.179	0.2030
Pierna	4.443	6.832	6.398	6.215	0.745	0.132
Muslo	4.608 ^c	5.545 ^{bc}	6.698 ^a	6.529 ^{ab}	0.283	<.0001
b						
Pechuga	0.582	1.221	0.655	1.275	0.581	0.198
Pierna	1.102	1.761	1.487	1.877	0.334	0.379

Muslo	0.839	0.610	0.797	1.353	0.252	0.1903
C						
Pechuga	1.926	2.355	2.643	2.555	0.217	0.0986
Pierna	5.106 ^b	6.223 ^a	6.947 ^a	6.667 ^a	0.302	0.0002
Muslo	4.785 ^b	5.946 ^{ab}	7.928 ^a	6.652 ^{ab}	0.644	0.0067
H						
Pechuga	151.42	125.73	180.66	135.35	20.500	0.2373
Pierna	125.49	84.92	80.55	85.22	20.623	0.3894
Muslo	97.07	119.76	104.70	95.90	23.003	0.8828

¹= Testigo; B.A: *Bacillus amyloliquefaciens*; Tributirina; Combinación *Bacillus amyloliquefaciens* + tributurina.²=Error estándar medio, ^{a,b} Medias con distinta lateral dentro de la misma hilera son diferentes (p<0.05).

X. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados que se obtuvieron de esta investigación, se concluye que la inclusión de los aditivos *Bacillus amyloliquefaciens*, Tributirina y su combinación no incrementó el crecimiento de los pollos Sasso, sin embargo, los pollos que consumieron ambos aditivos fueron menos eficientes en la utilización del alimento.
- No hubo efecto en el rendimiento de la canal en la adición de ambos aditivos (*Bacillus amyloliquefaciens*, Tributirina y su combinación).
- La adición de Tributirina en la dieta modificó el pH de la carne mostrando valores más ácidos, mientras que con respecto al color de la carne no tuvieron efecto los aditivos utilizados.
- En cuanto al peso (g) de los cortes primarios no existió efecto ($P < 0.05$) de la inclusión de los aditivos en la dietas para pollos Sasso.
- Los cortes primarios de pechuga y pierna de pollos del tratamiento testigo y los del tratamiento que contenían aditivos solos por separado fueron de mayor tamaño, y de menor tamaño los cortes de los pollos que consumieron la combinación de aditivos, por lo tanto, la combinación de estos aditivos no incrementa el volumen.
- Los animales que recibieron algún aditivo resultaron carnes más duras comparadas con el testigo.

XI. LITERATURA CITADA

Al Kalaifha HS (2018). *Benefits of probiotics and/or prebiotics for antibiotic-reduced poultry*. Poultry Science, 100 (2): 1330. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119304845?via%3Dihub> [Consultado el 5 de junio de 2023]

Afanador G., Ariza C., Betancourt L. (2011) *Aceites esenciales de orégano: un aditivo funcional con amplio potencial de uso en la industria avícola* Carpoica, Colombia. pp.8 [En línea] Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/> [Consultado el 5 de junio de 2023]

Ahmat, M., Cheng, J., Abbas, Z., Cheng, Q., Fan, Z., Ahmad, B., ... & Zhang, R. (2021). *Effects of Bacillus amyloliquefaciens LFB112 on growth performance, carcass traits, immune, and serum biochemical response in broiler chickens*. Antibiotics, 10(11), 1427. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-6382/10/11/1427>

Álvarez Lopezello, Rivas Manzano, Aguilera Gómez, González Ledesma. (2016). *Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México*. Revista mexicana de biodiversidad, 87(3), 980-989. [en línea] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.006> [Consultado: 1 de noviembre de 2023].

Arriaga Jordán, C., Espinoza, Angélica., et al. (1999), *Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central*. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, Vol..., núm.3, pp 293. ISSN: 1405-0269. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10401610> [Consultado: 1 de Noviembre de 2023].

Arbor Acres (sin fecha). Aviagen. [en línea] Disponible en: <https://es.aviagen.com/brands/arbor-acres/products/arbor-acres-plus> [Consultado el 2 de junio de 2023]

Aviagen. (2014). *Pollo de engorde, manual de manejo*. Ross. Aviagen, Inc. Cummings research park 920 explorer boulevard NW Huntsville, AL 35806 USA. 88- 93.

Ayala, L., Martínez, M., Acosta, A., Dieppa, Oraidá., & Hernández (2006), *Una nota acerca del efecto del orégano como aditivo en el comportamiento productivo de pollos de ceba*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 40, núm.4, pp.455-458 [Consultado: 8 de noviembre de 2023]. ISSN: 0034-7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017672009>

Baena Ruiz y Torija Isasa., (2001). *Riesgos y beneficios de los aditivos alimentarios*. Elsevier. 20 (1): 104-115 [en línea] Disponible

en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-riesgos-beneficios-aditivos-alimentarios-13760> [Consultado el 3 de junio de 2023].

Blajman et al. (2015), *Probióticos en pollos parrilleros: una estrategia para los modelos productivos intensivos*. Revista Argentina de Microbiología, vol. 47, núm.4, pp.360-367 [Consultado: 8 de noviembre de 2023]. ISSN: 0325-7541. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213050075013>

Carbajal-Sánchez, J. A., & Moreno-Pérez, P. A. (2023). *Aditivos alimentarios adicionados en alimentos envasados o enlatados en México* Revista Española De Nutrición Humana Y Dietética, 27(1): 51–62. [en línea] <https://doi.org/10.14306/renhyd.27.1.1768> [Consultado el 3 de junio de 2023].

Carrillo, O., Vega-Villasante, F., Nolasco, H. y Gallardo, N., (2000). *Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón*. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Yucatán., México. 19-22. [en línea] Disponible en: https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/V/archivos/nolasco.pdf [Consultado el 1 de junio de 2023].

Cortés, et al. (2002), *La utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda*. Veterinaria México, vol. 33, núm.1, pp.1-9. ISSN: 0301-5092. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42333101> [Consultado: 7 de noviembre de 2023]

Chen, et al., (2022) *Detoxification of Aflatoxin B1 by a Potential Probiotic Bacillus amyloliquefaciens WF2020*. *Frontiers in Microbiology*. 13. [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9127598/> [Consultado el 3 de junio de 2023].

Díaz E., Ángel, J. & Ángel, D. (2017). *Probióticos en la avicultura: una revisión*. *Revista de Medicina Veterinaria*. Bogotá, Colombia, 35: 175-189. [en línea] doi: <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4400> [Consultado el 5 de junio de 2023].

Elshaghabee, et al., (2017) *Bacillus As Potential Probiotics: Status, Concerns, and Future Perspectives*. *Frontiers in Microbiology*. 10 (8): 1490. [en línea] doi: 10.3389/fmicb.2017.01490. [Consultado el 6 de junio de 2023].

El Saadony, et al., (2022) *Applications of butyric acid in poultry production: the dynamics of gut health, performance, nutrient utilization, egg quality, and osteoporosis*. *Animal Health Research Reviews*. 23(2), 136-146. [en línea] doi:10.1017/S1466252321000220 [Consultado el 3 de junio de 2023]

FAO. (2013). *Suplementos y aditivos de los alimentos*. Revisión del desarrollo avícola. Nueva Zelandia. p 75. [en línea] Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf> [Consultado el 2 de junio de 2023].

González Vázquez A., Ponce Figueroa L., Alcivar Cobeña J., Valverde Lucio Y., Gabriel Ortega J. (2020) *Suplementación alimenticia con promotores de crecimiento en pollos de engorde Cobb 500*. Journal of the Selva Andina Animal Science. 7 (1). Ecuador. [en línea] Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812020000100002 [Consultado el 5 de junio.]

Guilloteau, et al., (2010) *From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate*. Nutrition Research Reviews. 23(2). [en línea] DOI: 10.1017/S0954422410000247 [Consultado el 7 de junio.]

Gu, et al., (2022) *Effects of Tributyrin Supplementation on Liver Fat Deposition Lipid Levels and Lipid Metabolism-Related Gene Expression in Broiler Chickens*. Genes. 13 (12). [en línea] https://www.researchgate.net/publication/365793881_Effects_of_Tributyrin_Supplementation_on_Liver_Fat_Deposition_Lipid_Levels_and_Lipid_Metabolism-Related_Gene_Expression_in_Broiler_Chickens. [Consultado el 5 de junio.]

HR Aliakbarpour, et. Al. (2012) *The Bacillus subtilis and Lactic Acid Bacteria Probiotics Influences Intestinal Mucin Gene Expression, Histomorphology and Growth Performance in Broilers*. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 25(9): 1285—1293. [en línea] Disponible en: <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12110> [Consultado el 5 de junio.]

- Haitao Du, et al., (2022) *Effects of Bacillus amyloliquefaciens TL106 Isolated from Tibetan Pigs on Probiotic Potential and Intestinal Microbes in Weaned Piglets*. 10(1). Microbiology Spectrum. [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8791190/> [Consultado el 5 de junio.]
- Hu, Q., Yin, F., Yang, L., Li, B., Lei, G., Wang, C., ... & Liu, D. (2022). *Dietary tributyrin intervention improves the carcass traits, organ indices, and blood biomarker profiles in broilers under the isocaloric diets administration*. Poultry Science, 101(10), 102061. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579122003522>
- Broom (2015). *Organic acids for improving intestinal health of poultry*. World's Poultry Science Journal. 71 (4): 630-642. [en línea] Doi:10.1017/S0043933915002391 [Consultado el 5 de junio.]
- King, D. A. & Hunt, M. C. & Barbut, S. & Claus, J. R. & Cornforth, D. P. & Joseph, P. & Kim, Y. H. & Lindahl, G. & Mancini, R. A. & Nair, M. N. & Merok, K. J. & Milkowski, A. & Mohan, A. & Pohlman, F. & Ramanathan, R. & Raines, C. R. & Seyfert, M. & Sørheim, O. & Suman, S. P. & Weber, M., (2023) "*American Meat Science Association Guidelines for Meat Color Measurement*", Meat and Muscle Biology 6(4): 12473, 1-81. doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.12473>
- Lan R, Zhao Z, Li S, An L. (2020) *Sodium butyrate as an effective feed additive to improve performance, liver function, and meat quality in broilers under hot climatic*

conditions - *PubAg Poultry Science*. 99 (11). [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7647702/> [Consultado el 6 de junio.]

Lara Mantilla, C., & Burgos Portacio, Á. (2012), *Potencial probiótico de cepas nativas para uso como aditivos en la alimentación avícola*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. XIV, núm.1, pp.31-40 [Consultado: 8 de noviembre de 2023].
ISSN: 0123-3475. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77624081004>

Lee B., Mi M., Young K., (2018) *Tight Junction in the Intestinal Epithelium: Its Association with Diseases and Regulation by Phytochemicals*. *J Inmunol Res*. [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6311762/> [Consultado el 5 de junio.]

Leonidas Espinoza (2003). *Suplementos y aditivos en avicultura*. Facultad de ciencias y agroindustriales. *La granja*. 2 (1) *Life sciences Journal*. 5. [en línea] DOI <https://doi.org/10.17163/lgr.n2.2003.02> [Consultado el 5 de junio.]

Liang cheng, et al., (2018). *Intestinal Morphologic and Microbiota Responses to Dietary Bacillus spp. in a Broiler Chicken Model*. *Frontiers in Physiology*. 9 (1). [en línea] Doi: 10.3389/fphys.2018.01968 [Consultado el 7 de junio.]

Luise D., et al, (2022) *Bacillus spp. Probiotic Strains as a Potential Tool for Limiting the Use of Antibiotics, and Improving the Growth and Health of Pigs and Chickens.* *Frontiers in Microbiology.* 13. [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8859173/>

Marique Vergara D. y González Sánchez M., (2017) *Ácidos grasos de cadena corta (ácido butírico) y patologías intestinales* *Nutr Hosp.* 34(. 4): 58-61. [en línea] Disponible en: https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v34s4/11_manrique.pdf [Consultado el 7 de junio.]

Minag, U. (2000). *Principales líneas comerciales*, Publicación de Pecuaria Real, Perú.

Morris hatchery, Inc. (sin fecha). *Morris hatchery, Inc.* [en línea] Disponible en: <http://www.morrishatchery.com/esp/hubbard.html> [Consultado el 2 de junio de 2023].

Morris hatchery, Inc. (sin fecha). *Pollo Ross 308.* *Morris hatchery, Inc.* [en línea] Disponible en: <http://www.morrishatchery.com/esp/ross.html> [Consultado el 2 de junio de 2023].

Murugesan, Ganapathi Raj et al. (2015) *Phytogenic Feed Additives as an Alternative to Antibiotic Growth Promoters in Broiler Chickens.* *Frontiers in veterinary science,* vol. 2 21. 3 doi:10.3389/fvets.2015.00021 Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26664950/> [Consultado el 5 de noviembre de 2023]

Nutrinews, (2015). *Aditivos*. Nutrinews. [En línea.] Disponible en: <https://nutrinews.com/tributirina-la-influencia-de-una-nueva-forma-de-acido-butirico-sobre-la-integridad-digestiva/> [Consultado el 5 de junio de 2023.]

OECD/FAO (2021), *OECD-FAO Agricultural Outlook*, OECD Agriculture statistics (database), Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-dataen>.

OECD/FAO (2023), *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2023-2032*, OECD Publishing, Paris, Disponible en: <https://doi.org/10.1787/2ad6c3ab-es>.

Ortiz, A., Yáñez, P., et al (2013) *Effect of probiotic Ecobiol on broiler performance*. 19th European Symposium on Poultry Nutrition. Postdam, Germany. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/259751576_Effect_of_probiotic_Ecobiol_on_broiler_performance. [Consultado el 8 de noviembre de 2023].

Pérez Gómez. R., Carrasco Santiago. L. (2021) *Uso de harina de Moringa Oleífera como alternativa sustentable en la alimentación en pollos de engorda en el municipio de el espinal, Oaxaca*. Instituto tecnológico de Comitancillo. Oaxaca. [En línea.] Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5186/1/ROSARIO%20PEREZ->

LUZ%20TERESA%20CARRASCO-IAGR.pdf. [Consultado el 2 de junio de 2023]

Petrovic Z., Dordevic, V., Milicevic, D., Nastazijevic, I., Parunovic, N. (2015). *Meat Production and Consumption: Environmental Consequences*. *Procedia Food Science*. 5: 235-238.

Phalbio (2016) *Tributirina*. (“Una nueva forma de ácido butírico sobre la integridad digestiva: la ...”) Phalbio. [En línea.] Disponible en: <https://phalbio.com/tributirina-la-influencia-de-una-nueva-forma-de-acido-butirico-sobre-la-integridad-digestiva/> [Consultado el 6 de julio.]

Ramlucken, et al, (2020). *A novel Bacillus based multi-strain probiotic improves growth performance and intestinal properties of Clostridium perfringens challenged broilers*. *Poultry Science*. 99(1): 331–341. Doi: 10.3382/ps/pez496

Ross (sin fecha). *Pollo Ross 208*. Aviagen. [en línea] Disponible en: <https://aviagen.com/es/brands/ross/products/ross-308-ap> [Consultado el 2 de junio de 2023].

Sasso Poultry (sin fecha). *Pollos de engorde Sasso - South America. Aves de corral tradicionales en América del Sur - South America* [en línea] Disponible en: <https://southamerica.sasso-poultry.com/es/productos-es/pollos-de-color/pollos-de-engorde/> [Consultado el 2 de junio de 2023].

Sorrondegui M., López de Varona Y., Carcassés Vera. (2012). *Empleo de probióticos en los animales*. Sitio Argentino de Producción Animal. [En línea] Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/45-Empleo_probioticos.pdf

Sun, et al (2022). *Effects of dietary Bacillus amyloliquefaciens CECT 5940 supplementation on growth performance, antioxidant status, immunity, and digestive enzyme activity of broilers fed corn-wheat-soybean meal diets*. Poultry Science, 101 (2). [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8686056/> [Consultado el 2 de junio de 2023].

Syazwan, et al., (2021) *A Review on the Biotechnological Applications of the Operational Group Bacillus amyloliquefaciens*. 9 (3): 614 [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8002464/> [Consultado el 2 de junio de 2023].

Thakur N., Rokana N., Panwar H. (2016). *Probiotics: Selection criteria, safety and role in health and disease*. J. Innov. Biol. 3 (1): 259–270.

UNA (2022) *Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola*. Unión Nacional de Avicultores. [en línea] Disponible en: <https://una.org.mx/>. [Consultado el 1 de junio de 2023].

USDA (2023). *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*. Foreign Agricultural Service. Global Market Analysis. P. 14 [en línea] Disponible en: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf [Consultado el 1 de junio de 2023]

Vargas, A., et al. (2018) *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en costa rica*. Sector productivo avícola. 7-8. [en línea] Disponible en: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-8217.pdf> [Consultado el 1 de junio de 2023].

Vieco-Saiz N., Belguesmia Y., Raspoet R., Auclair E., Gancel F., Kempf I.y Dride D. (2019). *Benefits and Inputs From Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters During Food-Animal Production*. *Frontiers in Microbiology*, 10. doi: [10.3389/fmicb.2019.00057](https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057). [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6378274/> [Consultado el 4 de junio.]

Villarreal et al., (2018). *El género Bacillus como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola*. *Revista mexicana de fitopatología*, 36 (1). DOI: [10.18781/r.mex.fit.1706-5](https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5)

Wang, et al. (2021). *Dietary tributyrin improves reproductive performance, antioxidant capacity, and ovary function of broiler breeders*. Poultry Science. 100 (11). [en línea] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8458981/> [Consultado el 4 de junio.]

Worldwatch Institute. (2014) *Global Meat Production and Consumption Continue to Rise*; [en línea] Disponible en: <http://vitalsigns.worldwatch.org/vs-trend/meat-production-and-consumption-continue-grow-0> [Consultado el 4 de junio.]

Xiong, J., Qiu, H., Bi, Y., Zhou, H. L., Guo, S., & Ding, B. (2018). Effects of dietary supplementation with tributyrin and coated sodium butyrate on intestinal morphology, disaccharidase activity and intramuscular fat of lipopolysaccharide-challenged broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 20, 707-716. <https://www.scielo.br/j/rbca/a/LLZMDtQQ4QvdzqwpDGkcw4t/?lang=en>

Yang, et al. (2018) *Dietary butyrate glycerides modulate intestinal microbiota composition and serum metabolites in broilers*. Scientific Reports. 8(1). Doi: 10.1038/s41598-018-22565-6

Yin, et al., (2016). *Correction: Transcriptome Analysis Reveals Regulation of Gene Expression for Lipid Catabolism in Young Broilers by Butyrate Glycerides*. PLOS ONE. 11(8). Doi: 10.1371/journal.pone.0160751 Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0162150>.