



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

**Efecto de la inclusión de probióticos en dietas maíz-
soya-DDGS para pollos de engorda sobre parámetros
productivos.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

MELANIE MARGARITO ROMERO

ASESORES

Dr. Arturo Cortes Cuevas

Dr. Ernesto Ávila González



Ciudad Universitaria, CD. MX.

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mis padres Natividad y Benito, quienes me educaron y me han apoyado e impulsado cada día a esforzarme por cumplir mis sueños.

A mi abuela Juana, por ser mi mayor ejemplo de constancia y esfuerzo, un beso hasta el cielo.

A mi hermana Frida, a quien quiero y admiro por ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación.

Gracias por apoyarme y confiar en mí siempre.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por haberme brindado educación y conocimiento a lo largo de mi vida estudiantil.

Al Dr. Ernesto Ávila González por brindarme la confianza y oportunidad de realizar este proyecto, gracias por su paciencia, apoyo y conocimiento brindado.

Al Dr., Arturo Cortes Cuevas por su apoyo, motivación y conocimiento compartido durante la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Jorge Miguel Iriarte por su apoyo durante la fase experimental, así como sus consejos y enseñanzas, muchas gracias por confiar en mí.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIPAv) por permitirme realizar este proyecto de tesis y aprender día con día sobre la avicultura.

A la Dra. Ma. Del Pilar Castañeda Serrano por brindarme todas las facilidades durante el desarrollo de este proyecto.

A la Dra. Monserrat, al Dr. Osiris, al Dr. Tomas, a la Dra. Karina, a la Dra. Itahy, y a mi compañero de servicio social Gerardo Mejía por todo su apoyo durante la fase experimental de este proyecto, gracias infinitas por su tiempo, disposición y consejos.

A la empresa VyQ de México por brindar los productos utilizados en este proyecto.

CONTENIDO

	Página
Resumen	1
Introducción	3
Justificación	13
Hipótesis	14
Objetivos	15
Material y Métodos	16
Resultados	18
Discusión	23
Conclusión	26
Referencias	27
Anexos	33

ABREVIATURAS

AGCC	Ácidos Grasos de Cadena Corta.
APC	Antibiótico promotor del crecimiento.
CEIEPAv	Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola.
DDGS	Granos Secos de Destilería con Solubles.
PIB	Producto Interno Bruto.
TGI	Tracto Gastrointestinal.

RESUMEN

MARGARITO ROMERO MELANIE. Efecto de la inclusión de probióticos en dietas maíz-soya DDGS para pollos de engorda sobre parámetros productivos. (Bajo la dirección de Dr. Arturo Cortés Cuevas y Dr. Ernesto Ávila González)

Con la finalidad de evaluar la inclusión de probióticos en dietas para pollo de engorda como alternativa a los antibióticos promotores del crecimiento y su efecto en los parámetros productivos, se realizó el siguiente experimento. Se utilizaron 520 pollos machos de la estirpe Ross 308 de 1 a 49 días de edad. Se empleó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos con 5 repeticiones de 26 pollos cada una. Los tratamientos fueron los siguientes: T1. Dieta testigo negativo, T2. Como 1 + Enramicina 8ppm, T3. Como 1 + *Bacillus subtilis* y *Clostridium butyricum* SPOMUNE© 750g/t + *Bacillus subtilis* y *Bacillus coagulas* PROBIÓN-forte© 250 g/t de 1 a 21 días de edad y de 22 a 49 días de edad se adicionó *Bacillus subtilis* + *Bacillus coagulas* PROBIÓN-forte© 500 g/t y T4. Como 1 + *Bacillus subtilis* y *Clostridium butyricum* SPOMUNE© 1 kg/t de 1 a 21 días de edad y *Bacillus subtilis* y *Bacillus coagulas* PROBIÓN-forte© 300 g/t de 22 a 49 días de edad. Los resultados obtenidos en ganancia de peso indicaron diferencia estadística entre tratamientos ($p < 0.001$), donde el tratamiento 3 obtuvo el valor más alto seguido por los tratamientos 2, 4 y con menor ganancia de peso en el tratamiento 1. Las variables consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad y porcentaje de uniformidad no mostraron diferencia estadística ($p > 0.05$) entre tratamientos. En cuanto a la variable rendimiento de la canal en frío (g) el tratamiento 3 obtuvo el mayor peso en la canal $p (< 0.001)$ seguidos por el tratamiento 2 y 4, con el menor peso de la canal en el tratamiento 1. Para el porcentaje de rendimiento de la canal no se observó diferencia significativa $p (> 0.05)$ entre tratamientos. Sin embargo, en el amarillamiento de la piel el tratamiento 2 obtuvo el mayor valor de pigmentación, seguidos por los tratamientos 3 y 4, con menor amarillamiento en el tratamiento 1. De los resultados obtenidos, se puede concluir que la adición de los probióticos y las dosis empleadas en dietas para pollos de engorda tuvo un efecto benéfico en la ganancia de peso, rendimiento de la canal en frío y amarillamiento de la piel con resultados similares a los obtenidos con el

antibiótico promotor del crecimiento. Por lo que los probióticos, resultan ser una buena alternativa al uso de antibióticos.

INTRODUCCIÓN

Situación de la industria avícola en México

La industria avícola presenta la mayor tasa de crecimiento dentro de las actividades agrícolas, pecuarias y pesqueras; constituye un sector fundamental de la producción de alimentos, con un importante elemento dentro de la dieta de una gran parte de la población del país (CEDRSSA, 2019).

En el 2020, el porcentaje de participación de la avicultura en el Producto Interno Bruto (PIB) total fue de 0.81% y en el PIB pecuario tuvo una participación del 37.5%. Se produjeron 3 millones 593 mil toneladas de carne de pollo y pese a la pandemia generada por el virus SARS-Cov-2, la industria registró un crecimiento de 1.7% respecto al obtenido en 2019 (UNA, 2021).

En el aporte de proteína por el sector pecuario, la carne de pollo tiene una participación del 38.22%. En 2020 se registró un consumo *per-cápita* de 32.86 kg (UNA, 2021).

Salud intestinal y microbioma

La salud intestinal se ha definido recientemente como la capacidad del intestino para realizar funciones fisiológicas normales y mantener la homeostasis, lo que respalda su capacidad para resistir infecciones y factores estresantes no infecciosos (Broom y Kogut, 2008).

Esto significa que alteraciones en la salud intestinal, pueden afectar de una a varias funciones sistémicas. Debido a esto y a las crecientes demandas de eficiencia económica, bienestar animal, seguridad alimentaria, reducción del impacto ambiental y la prohibición del uso de los antibióticos promotores del crecimiento, en los últimos años el tema de salud intestinal ha sido de gran interés para la producción avícola (Oviedo-Rondón, 2019).

El intestino sufre importantes modificaciones morfológicas y funcionales después de la eclosión, como aumento de la longitud del intestino, la altura y densidad de las vellosidades y, en consecuencia, el número de células caliciformes, enterocitos y células entero endócrinas (Cardinal *et al.*, 2019).

El intestino está compuesto de nutrientes derivados, endógenos y exógenos, de digestibilidad variable, microbiota y sus metabolitos como ácidos grasos de cadena corta (AGCC), capas de moco y compuestos antimicrobianos derivados del huésped como péptidos de defensa del huésped e IgA (Broom y Kagut, 2008).

El tracto gastrointestinal (TGI) es colonizado naturalmente por microorganismos al exponerse al entorno externo. Cada región del TGI, al tener diferentes funciones, aporta diferentes niveles de nutrientes, pH, oxígeno, compuestos antimicrobianos, etc., lo que determina así el establecimiento de microbiomas específicos (Broom y Kagut, 2008).

La población bacteriana influye en una variedad de procesos inmunológicos, fisiológicos, nutricionales y protectores del TGI y ejerce profundos efectos sobre la salud general, el desarrollo y el rendimiento de los animales monogástricos. De hecho, los experimentos que comparan animales criados convencionalmente frente a animales estériles (libres de gérmenes) han demostrado que las bacterias comensales juegan un papel importante en el desarrollo de órganos, tejidos y sistemas inmunes, además de proporcionar una variedad de compuestos nutricionales (Gaskins, 2001; Snel *et al.*, 2002 citados en Dibner y Richards, 2005).

Un sistema inmunológico que funcione correctamente es de especial importancia para las aves de corral, porque la mayoría de las parvadas comerciales se crían bajo condiciones intensivas de crianza. Bajo tales condiciones, las parvadas son vulnerables a la rápida propagación de agentes infecciosos y brotes de enfermedades (Yegani y Korven, 2008).

Uso de antibióticos promotores del crecimiento en la avicultura

La demanda de proteína de origen animal ante el acelerado aumento poblacional, ha llevado a la industria agropecuaria a la búsqueda de sistemas que permitan mejorar los índices productivos. La industria avícola se ha convertido en uno de los sectores más dinámicos y en constante expansión en el mundo. Debido a los sistemas intensivos de crianza, las aves de corral se encuentran en constantes condiciones estresantes, dando como resultado una disminución de la inmunidad y productividad (Tang *et al.*, 2016).

Por ello, los antibióticos han sido utilizados ampliamente en la producción avícola en todo el mundo debido a su fácil disponibilidad y bajo costo. Han revolucionado la avicultura intensiva al promover el crecimiento, la producción y la eficiencia en la conversión alimenticia, mejorando la salud intestinal y reduciendo infecciones subclínicas (Yadav *et al.*, 2016).

El consumo de antimicrobianos por parte de los animales es actualmente el doble del que consumen los seres humanos (OMS, 2012). El consumo promedio mundial es de 172, 148 y 45 mg por cada kilogramo de masa de cerdo, pollo y ganado, respectivamente. El consumo mundial total de antimicrobianos en los animales destinados al consumo humano fue de 63.151 toneladas en 2010 con un aumento proyectado del 67% para 2030 (Van Boeckel *et al.*, 2015 citados en Xiong *et al.*, 2018).

La propiedad de los antibióticos de mejorar las tasas de crecimiento animal se conoce desde finales de los años cuarenta, cuando se observó que las aves alimentadas con productos de la fermentación de *Streptomyces aureofaciens* mejoraban su desarrollo. El factor de crecimiento en dichos extractos se identificó como residuos de clortetraciclina. Posteriormente, en la década de 1950, se observaron efectos similares de otros antimicrobianos en animales destinados a la alimentación; incluidos pollos, cerdos y bovinos. De modo que, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos, aprobó el uso de antibióticos promotores del crecimiento (APC) en animales en 1951 (Torres y Zarazaga, 2002; Xiong *et al.*, 2018).

Se han propuesto numerosas hipótesis sobre la eficacia de los APC, que se han centrado en gran medida en la modulación beneficiosa del microbiota intestinal. Los mecanismos típicamente propuestos incluyen:

1. Reducir la densidad microbiana total en el tracto gastrointestinal (TGI).
2. Promover un equilibrio microbiano del TGI más favorable y reducir las infecciones subclínicas.
3. Reducir la producción de metabolitos bacterianos potencialmente tóxicos.
4. Mejor absorción de nutrientes a través de un epitelio intestinal más delgado. (Broom, 2017).

El método de acción principal de los APC ,es la regulación y mantenimiento del equilibrio en la microbiota intestinal, reduciendo ciertas especies bacterianas y aumentando, por ejemplo, la cantidad de lactobacilos en las ubicaciones proximales del TGI con un efecto diferente (sin cambios o disminuido) en las regiones distales, alterando predominantemente la microbiota ileal (lactobacilos dominantes y las enterobacterias reducidas) y promoviendo los clostridios aparentemente no patógenos) (Dhama *et al.*, 2014; Broom, 2017).

Por otro lado, Niewold (2007) propuso que los efectos beneficiosos de los antibióticos se deben a su interacción con las células inmunitarias del huésped más que a los efectos inhibidores del crecimiento de la microbiota. Planteó la hipótesis de que los antibióticos reducen la respuesta inflamatoria y por lo tanto, la producción de citocinas proinflamatorias, que reducen el apetito y promueven el catabolismo muscular. El papel antiinflamatorio de los APC reduce el desperdicio de energía y la dirige hacia la producción.

Resistencia a los antibióticos

A pesar del enorme uso beneficioso, la práctica de usar APC en las aves de corral está siendo cuestionada debido al aumento de la resistencia a los antibióticos (Yadav *et al.*, 2016).

Se entiende por resistencia, el mecanismo mediante el cual la bacteria puede disminuir la acción de los agentes antimicrobianos. La aparición de la resistencia en una bacteria se produce a través de mutaciones (cambios en la secuencia de bases de cromosoma) y por la trasmisión de material genético extracromosómico procedente de otras bacterias (Fernández *et al.*, 2003).

Cuando los microbios se vuelven resistentes a los medicamentos, se reducen las opciones para tratar las enfermedades que provocan. Esa resistencia a los medicamentos antimicrobianos ocurre en todas partes del mundo y afecta a una amplia selección de microorganismos, con una creciente prevalencia que amenaza la salud humana y animal (OMS, 2016).

Los antibióticos que se proporcionan a animales sanos como promotores del crecimiento suelen estar presentes en el rango de aproximadamente 2.5 a 50

ppm (Mohamed *et al.*, 2021). Estas dosis subterapéuticas a menudo crean una condición propicia para la selección de bacterias resistentes (Park *et al.*, 2016).

Uno de los primeros reportes sobre la resistencia a antibióticos en animales fue el informe sobre la resistencia de bacterias coliformes en pavos alimentados con estreptomicina en 1951 (Dibner y Richards, 2005; Ma *et al.*, 2021). Barnes en (1958) y Elliott y Barnes en (1959) reportaron la asociación de la resistencia a la tetraciclina en pollos alimentados con este antimicrobiano para promover el crecimiento (Dibner y Richards, 2005; Xiong *et al.*, 2018).

Se ha sugerido que los alimentos para animales podrían servir como reservorio de bacterias resistentes a los antibióticos que se pueden extender rápidamente a lo largo de la cadena alimentaria y finalmente, al ser humano. Si bien la transmisión de las bacterias resistentes a los humanos podría atribuirse al consumo de animales y productos alimenticios, también podrían ocurrir una transmisión directa de las bacterias durante el manejo de los animales por parte de los trabajadores de la granja (Park *et al.*, 2016).

Los problemas de resistencia y residuos han aumentado la percepción negativa del consumidor sobre el uso de antibióticos que promueven el crecimiento en las dietas de los animales. Un estudio que examinó la resistencia a los antibióticos probó 58 aislamientos de *Salmonella enterica* serovar Heidelberg y encontró que el 72% eran resistentes a por lo menos un antibiótico y el 24 % de los aislamientos eran resistentes a 8 o más antimicrobianos (Hoffman-Pennesi y Wu, 2010, citado por Mohamed *et al.*, 2021).

Restricción del uso de APC en la alimentación animal y su impacto en la avicultura

En 1959, en Reino Unido, se publicó el informe Swann sobre el uso de antibióticos en la cría de animales y la medicina veterinaria, que recomendaba abandonar en piensos el uso de antimicrobianos que pudieran tener uso terapéutico o con análogos empleados en medicina humana (Aarestrup *et al.*, 2003; Butaye *et al.*, 2003)

Este informe también sirvió de base para la legislación europea en la directiva 70/524 sobre los aditivos en la alimentación animal, en la que se publicó una lista

de aditivos permitidos con sus dosis máximas y mínimas, tiempo de espera al sacrificio y especies animales en las que se puede utilizar el producto (Butaye *et al.*, 2003).

De este modo, solamente podrían ser empleados como promotores aquellos antibióticos que tuvieran un efecto demostrado sobre el crecimiento animal, que fueran activos frente a bacterias Gram positivas y que no presentaran absorción intestinal para prevenir la presencia de residuos en la carne. Se decidió eliminar como promotores aquellos antibióticos que también fueran utilizados en la medicina humana o animal. En consecuencia, se prohibía en Europa el empleo de tetraciclinas o β -lactámicos como promotores del crecimiento en piensos de animales (Torres y Zarazaga, 2002).

Desde la prohibición de los antibióticos en la alimentación animal, la alta prevalencia de enteritis necrótica subclínica y coccidiosis se han convertido en una de las principales causas de mortalidad en pollos de engorda (Zhu *et al.*, 2021). La enteritis necrótica subclínica, ocasionada por *Clostridium perfringens*, produce un ligero aumento de la mucosidad en el intestino delgado con deterioro de la digestión y la absorción de nutrientes traduciéndose en un aumento en el consumo de alimento y las tasas de mortalidad, que a su vez reduce el rendimiento de crecimiento de los pollos de engorda (Hofacre *et al.*, 2018; Zhu *et al.*, 2021). Por otra parte, la coccidiosis es una enfermedad recurrente que pone en peligro la salud intestinal de los pollos de engorda y provoca pérdidas económicas en la industria avícola. Sus efectos incluyen indigestión y aumento de la tasa de conversión alimenticia; así como, susceptibilidad a enfermedades secundarias en pollos de engorde infectados (Zhu *et al.*, 2021).

Alternativas a los APC

Tras la reducción y restricción del uso de los APC a nivel internacional y la necesidad de mantener la eficiencia productiva de la industria avícola, es necesaria la búsqueda de alternativas viables que sean naturales y seguras para el animal, el consumidor y el medio ambiente.

Entre las alternativas de reemplazo a los APC se encuentran los probióticos, que han sido utilizados en la industria avícola desde los años setenta (Millian *et al.*, 2008). Los probióticos se definen como mono cultivos o cultivos mixtos de

organismos vivos, que cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped (FAO/WHO, 2002).

De acuerdo con Gadde *et al.* (2017), un organismo probiótico ideal debería poder resistir el procesamiento y almacenamiento, sobrevivir en el ambiente gástrico ácido, adherirse al epitelio o al moco intestinal, producir compuestos antimicrobianos y modular la respuesta inmunitaria. Además de poseer la propiedad de multiplicación rápida, para generar la población microbiana necesaria para producir el efecto deseable (Dhama *et al.*, 2016).

La variedad de microorganismos utilizados como probióticos se puede clasificar de la siguiente manera:

1. Probióticos bacterianos o no bacterianos: los probióticos no bacterianos incluyen levaduras y hongos.
2. Probióticos formadores de esporas frente a no formadores, como *Bacillus subtilis* o *Bacillus amyloliquefaciens* y *Lactobacillus* o *Bifidobacterium*, respectivamente.
3. Probióticos de múltiples especies o cepas y probióticos de una sola especie o una sola cepa.
4. Probióticos alóctonos o probióticos autóctonos. Los microorganismos utilizados como probióticos que normalmente no están presentes en el TGI de los animales se denominan alóctonos. Mientras que los microorganismos normalmente presentes como habitantes del TGI se denominan autóctonos como por ejemplo *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Bajagai *et al.*, 2016).

Probióticos del género *Bacillus*

Las bacterias del género *Bacillus spp.* Son bacterias Gram positivas, formadoras de endosporas resistentes a pH bajos, sales biliares y condiciones adversas del ambiente gástrico por ello han sido utilizadas con éxito. Además, muchos *Bacillus spp.* son capaces de producir enzimas y bacteriocinas, mejorando potencialmente su modo de acción en el TGI (Cutting, 2011; Park *et al.*, 2020; Jiang *et al.*, 2021; Shini y Bryden, 2021).

En la alimentación de pollos de engorda *Bacillus subtilis*, se han utilizado como reemplazo a los APC para la regulación de la microbiota intestinal, mejorar el rendimiento productivo, promover la inmunidad y salud intestinal en general (Zhenhua *et al.*, 2017; Jiang *et al.*, 2021).

Park *et al.*, (2020) evaluaron los efectos de la suplementación en dietas para pollo de engorda con cepas de *Bacillus subtilis*, encontrando que la ganancia de peso en pollos alimentados con dietas suplementadas con este microorganismo aumentó entre 5.6% y 7.6% comparado con animales alimentados con dietas no suplementadas.

Por otro lado, *Bacillus coagulans* es una de las especies bacterianas formadoras de esporas y productoras de ácido láctico que ha sido utilizada como probiótico en dietas para aves, cerdos y bovinos (Hung *et al.*, 2012). Se ha demostrado que modifica la microbiota intestinal regulando la cantidad de microorganismos deseables y patógenos promoviendo el crecimiento y aumentando la digestibilidad del alimento al secretar enzimas como proteasa, alfa-amilasa, xilanasas y lipidasas así como la producción de aminoácidos y vitaminas. También fortalece la respuesta inmunitaria y reduce la inflamación intestinal (Wu *et al.*, 2018).

Una evaluación realizada por Wang y Gu (2010) de los efectos de la suplementación con probióticos sobre la actividad de las enzimas digestivas en pollos de engorde reveló que el probiótico *Bacillus coagulans* NJ0516 promueve una mayor actividad de proteasa y amilasa en comparación con los controles. Este hallazgo sugiere que la mayor actividad de las enzimas puede conducir a una mejor digestibilidad de la proteína y el almidón, lo que a su vez explica un mejor crecimiento en los pollos de engorda alimentados con probióticos en lugar de una dieta basal de control.

***Clostridium butyricum* como probiótico**

Clostridium butyricum es una bacteria grampositiva, anaerobia, formadora de esporas, que ha sido aislada del suelo, animales sanos y materia fecal humana. Puede resistir pH bajo y altas concentraciones de bilis (Abdel-Latif *et al.*, 2018).

Se ha demostrado que, al producir metabolitos, particularmente ácidos grasos de cadena corta (AGCC), mejora el peso corporal y la eficiencia de la conversión alimenticia pues estos son utilizados por el huésped como fuente de energía. Además, al producir enzimas, vitaminas y AGCC, mejora la composición de la microbiota intestinal, pues promueve la proliferación de microorganismos beneficiosos como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* e inhibe el crecimiento de bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *Salmonella enteritis*. Así mismo, al producir ácido butírico, promueve el crecimiento y desarrollo del TGI y mejora la integridad de las barreras intestinales (Xu *et al.*, 2021; Zao *et al.*, 2020).

Mecanismo de acción de los probióticos

Los dos mecanismos más importantes a través de los cuales los probióticos ejercen efectos beneficiosos incluyen el equilibrio de la microbiota intestinal y la regulación inmunológica. Los probióticos ayudan a establecer un microambiente en el intestino, que favorece a los microorganismos beneficiosos y reduce la colonización de bacterias patógenas (exclusión competitiva) al:

1. Crear un ambiente hostil para las especies bacterianas patógenas; a través de la producción de ácido láctico, ácidos grasos de cadena corta, resultado de su metabolismo y fermentación, en consecuencia, el pH intestinal se reduce por debajo del nivel esencial para la supervivencia de estas bacterias.
2. Competir por los nutrientes con bacterias no deseadas evitando así que adquieran la energía necesaria para su crecimiento y proliferación en el entorno intestinal.
3. Producción y secreción de sustancias antibacterianas, por ejemplo: bacteriocinas por *Lactobacillus*, *Bacillus* spp.
4. Inhibición de la adherencia y traslocación bacteriana (Brown, 2011; Gadde *et al.*, 2017)

Se sabe también, que los probióticos mejoran la función intestinal al mantener la homeostasis de las células epiteliales, promover las respuestas citoprotectoras y la supervivencia celular; a través de la producción de citocinas que mejoran la regeneración de las células epiteliales e inhiben la apoptosis, mejorar la función de barrera (modulación de las uniones citoesqueléticas y epiteliales) y aumentar

la síntesis de mucina. Así mismo, juegan un papel importante en la digestión y la retención de nutrientes al aumentar la actividad de las enzimas digestivas y mejorar la descomposición de los nutrientes no digeribles (Gadde *et al.*, 2017).

Otro mecanismo de acción importante de los probióticos incluye modular y regular las respuestas inmunitarias intestinales mediante la reducción de las citocinas proinflamatorias, el aumento de la producción de IgA secretora y la promoción de respuestas inmunitarias específicas y no específicas contra patógenos (activación de macrófagos, aumento de la producción de citocinas por los linfocitos intraepiteliales) (Gadde *et al.*, 2017).

JUSTIFICACIÓN

La avicultura en México ha presentado una tasa de crecimiento mayor a la de las demás actividades pecuarias en los últimos años. La demanda del consumidor por productos a costos accesibles, excelente calidad y con alto valor nutricional ha hecho que los productos avícolas, entre ellos la carne de pollo, sean parte importante de la alimentación en nuestro país.

Para poder satisfacer la demanda de estos productos, los sistemas de crianza se han hecho más intensivos creando condiciones estresantes para los animales que repercuten en su salud y por lo tanto en su productividad, de manera que los antibióticos se han utilizado como promotores del crecimiento. Sin embargo, el uso de APC ha tenido un costo que amenaza tanto a la salud animal como a la humana, la resistencia bacteriana a los antimicrobianos que ha ocasionado la restricción y prohibición de los APC en la alimentación animal en muchos países.

Ante la presión generada por parte de las organizaciones mundiales, para prohibir el uso de APC, y el consumidor, se ha vuelto necesaria la búsqueda de alternativas que mantengan la eficiencia productiva de la industria, que sean naturales y seguras para el animal, el consumidor y el medio ambiente.

Frente a las diversas alternativas al uso de APC disponibles en el mercado, en la presente investigación, se tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de probióticos en dietas de maíz-pasta de soya-DDGS para pollos de engorda de 1 a 49 días de edad sobre el rendimiento productivo.

HIPÓTESIS

La inclusión de los probióticos SPOMUNE© y PROBIÓN-forte© en dietas maíz-soya-DDGS para pollos de engorda de 1 a 49 días de edad, mejora los parámetros productivos.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la inclusión de dos probióticos comerciales SPOMUNE© (Bacillus subtilis mín. 1×10^7 UFC/g y Clostridium butyricum mín. 1×10^7 UFC/g) y PROBIÓN-forte© (Bacillus subtilis mín. 1×10^8 UFC/g y Bacillus coagulans mín. 1×10^8 UFC/g), en diferentes dosis en dietas para pollos de engorda de 1 a 49 días y medir su efecto en los parámetros productivos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de uniformidad, porcentaje de mortalidad, rendimiento de la canal en frío (g), porcentaje de rendimiento de canal fría y pigmentación amarilla de la piel al incluir los probióticos SPOMUNE© y PROBIÓN-forte© en dietas maíz-soya-DDGS, para pollos de engorda de 1 a 49 días de edad.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, localizado en la calle Manuel M. López S/N en la colonia Santiago Zapotitlán, alcaldía Tláhuac, Ciudad de México, a una altitud de 2250 msnm, entre los paralelos 19° 17' latitud norte y los meridianos 99° 02' 33" longitud oeste. El clima es templado subhúmedo con una temperatura media anual de 16°C y una precipitación pluvial media de 600 a 800 mm (INEGI, 2015).

El trabajo de investigación se realizó en una caseta de ambiente natural, donde se alojaron 520 pollos machos de la estirpe Ross 308 de un día de edad, que fueron adquiridos de una incubadora comercial localizada en el estado de Morelos. Se distribuyeron al azar, en cuatro tratamientos con seis repeticiones de veinticinco aves cada una. Se elaboraron dietas a base de maíz, pasta de soya y DDGS y se emplearon tres fases de alimentación: iniciador del día 1 al 10 de edad, crecimiento del día 11 al 21 de edad y finalización del día 22 al 49 de edad (ver Cuadro 1).

Los tratamientos fueron distribuidos de la siguiente manera:

1. Dietas sin antibiótico ni probiótico (testigo negativo).
2. Como 1 + Enramicina 8ppm (100 g/t) del día 1 al 49 (testigo positivo).
3. Como 1 + SPOMUNE© 750 g/t + PROBIÓN-forte© 250 g/t de 1 a 21 días de edad y PROBIÓN-forte© 500 g/t de 22 a 49 días de edad.
4. Como 1 + SPOMUNE© 1kg/t de 1 a 21 días de edad y PROBIÓN- forte© 300 g/t de 22 a 49 días de edad.

La presentación de los alimentos fue en forma de harina y fueron elaborados en la planta de alimentos del CEIEPAv. El alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum*. La duración del experimento fue de 7 semanas; durante estas se llevaron registros de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad.

Al día 49 de experimentación, se tomaron aleatoriamente 15 aves por tratamiento, los cuales fueron procesados bajo condiciones comerciales, en el módulo de procesamiento avícola del CEIEPAv. Previo al procesamiento, las

aves fueron identificadas individualmente y sometidas a un ayuno de alimento de ocho horas, con agua a libre acceso. Una vez en el rastro, las aves fueron pesadas de forma individual, posteriormente fueron colgadas en la línea transportadora para ser insensibilizadas por medio de aturdimiento eléctrico, bajo los parámetros de 25 volts, 0,25 amp. y 460 Hz. de corriente directa de tipo pulsátil. El degüello se realizó mediante un corte bilateral con duración de dos minutos. Después, las aves pasaron a la tina de escaldado con agua a 53°C durante un minuto y medio y fueron desplumadas mecánicamente. La evisceración se realizó manualmente, haciendo un corte circular en la cloaca y un segundo corte perpendicular, a este para facilitar la extracción de las vísceras. Una vez obtenida la canal, le fueron retiradas las patas y fue sumergida en la tina de enfriamiento durante 45 minutos, posteriormente las canales fueron pesadas para determinar el porcentaje de rendimiento. Por otro lado, para medir la pigmentación amarilla de la piel en canal fría, se utilizó un colorímetro de reflectancia (Minolta CR-400), que fue colocado en la zona latero craneal de la pechuga.

Análisis estadístico.

Previo al análisis estadístico, se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk para verificar normalidad y de Levene para verificar la homocedasticidad en las variables. Posteriormente, con los datos obtenidos de las variables de estudio, fueron sometidos a un análisis completamente al azar (ANOVA). En caso de presentar diferencia estadística entre tratamientos ($P < 0.05$), los datos se sometieron a un análisis de comparación de medias mediante la Prueba de Tukey, estableciendo un nivel de significancia de ($P < 0.05$).

RESULTADOS

Los resultados promedio obtenidos en 49 días para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad y porcentaje de uniformidad se pueden apreciar en el Cuadro 2. Los resultados indicaron que en ganancia de peso existió diferencia ($p < 0.001$) entre tratamientos, donde el tratamiento 3 obtuvo la mayor ganancia de peso (5.4% más de ganancia de peso respecto al tratamiento 1 considerando a este como 100%, y los tratamientos 2 con 4.5% y el 4 con un 4.0% más de ganancia de peso que el tratamiento 1 o testigo negativo.

Cuadro 2. Resultados promedio de parámetros productivos en pollos de 49 días de edad alimentados con diferentes promotores de crecimiento.

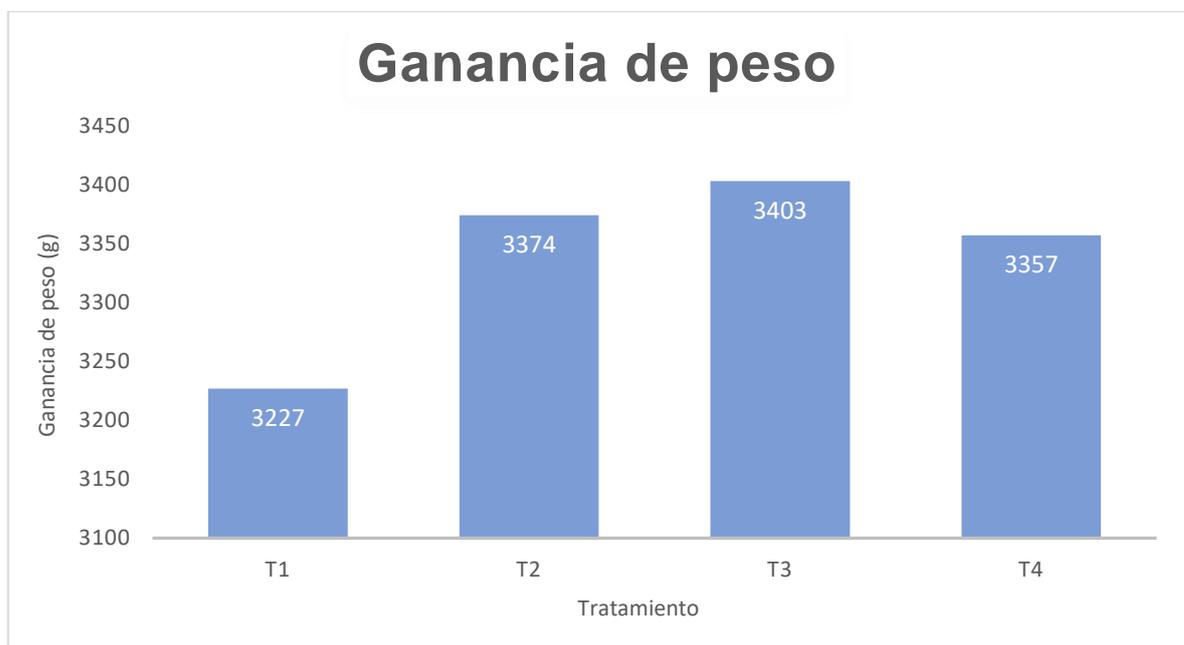
Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento(g)	Conversión alimenticia (kg/kg)	Mortalidad (%)	Uniformidad (%)
1	3227.0a	6514.6a	2.018a	5.3a	79.9a
2	3374.0b	6571.5a	1.947a	7.7a	80.6a
3	3403.0c	6666.9a	1.971a	6.9a	81.1a
4	3357.0b	6716.5a	1.999a	5.3a	80.9a

Valores con literales diferentes, significan diferencia estadística ($p < 0.001$).

1. Dieta sin antibiótico ni probiótico (testigo negativo).
2. Como 1 + Enramicina 8ppm (100 g/t) del día 1 al 49 (testigo positivo).
3. Como 1 + SPOMUNE© 750 g/t + PROBIÓN-forte© 250 g/t de 1 a 21 días de edad y PROBIÓN-forte© 500 g/t de 22 a 49 días de edad.
4. Como 1 + SPOMUNE© 1kg/t de 1 a 21 días de edad y PROBIÓN- forte© 300 g/t de 22 a 49 días de edad.

En la Figura 1, se puede ver en forma gráfica los datos de la ganancia de peso, como incrementaron con la adición de los probióticos y el antibiótico. Sin embargo, en las variables consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad y porcentaje de uniformidad los datos promedio no indicaron diferencia ($p>0.05$) entre los tratamientos.

Figura 1. Gráfica de ganancia de peso.



En el Cuadro 3 se muestran los datos promedio obtenidos de rendimiento en la canal en frío, porcentaje de rendimiento de la canal y amarillamiento de la piel en pollos a los 49 días de edad. Los resultados indicaron que en rendimiento de la canal en frío el tratamiento 3 fue mejor ($p < 0.001$) con mayor peso (10.7%) más respecto al testigo negativo (100%), seguido por los tratamientos 4 (10.6%) y 2 (10.4%); con mayor peso que el obtenido en el tratamiento 1.

Cuadro 3. Datos promedio de rendimiento de la canal y pigmentación de la piel en pollos de 49 días alimentados con diferentes promotores del crecimiento.

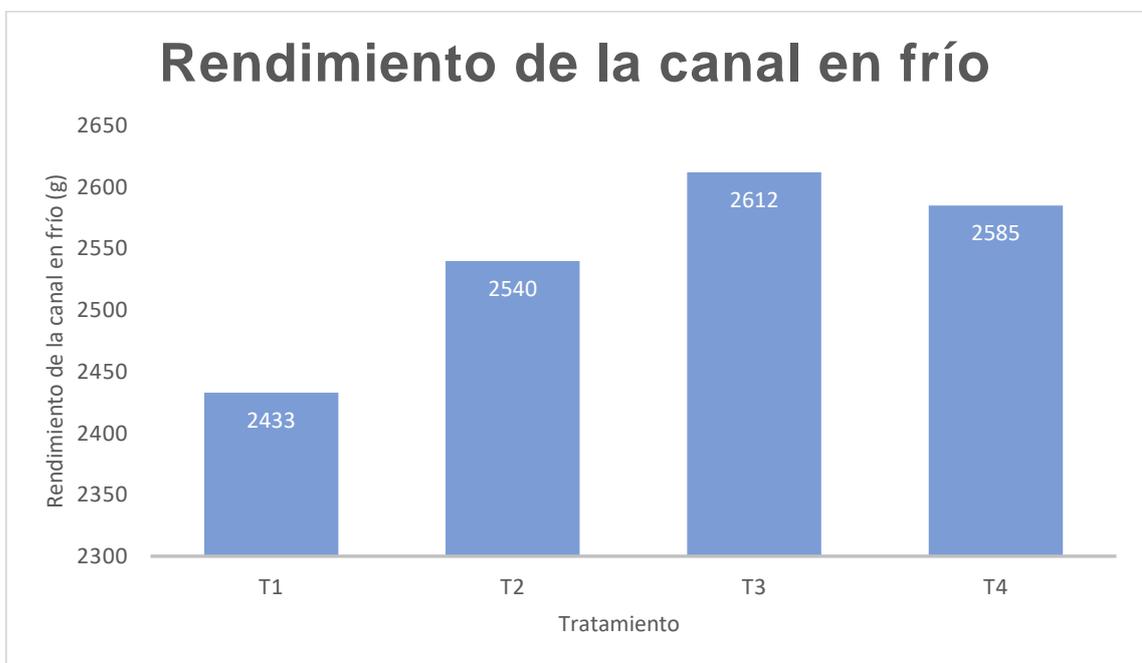
Tratamiento	Rendimiento en canal	Rendimiento	Amarillamiento
	fría (g)	(%)	de la piel (b)
1	2433a	74.4a	41.4a
2	2540b	74.3a	43.8c
3	2612c	75.8a	42.8b
4	2585b	76.0a	42.1b

Valores con literales diferentes, significan diferencia estadística ($p < 0.001$).

1. Dieta sin antibiótico ni probiótico (testigo negativo).
2. Como 1 + Enramicina 8ppm (100 g/t) del día 1 al 49 (testigo positivo).
3. Como 1 + SPOMUNE© 750 g/t + PROBIÓN-forte© 250 g/t de 1 a 21 días de edad y PROBIÓN-forte© 500 g/t de 22 a 49 días de edad.
4. Como 1 + SPOMUNE© 1kg/t de 1 a 21 días de edad y PROBIÓN- forte© 300 g/t de 22 a 49 días de edad.

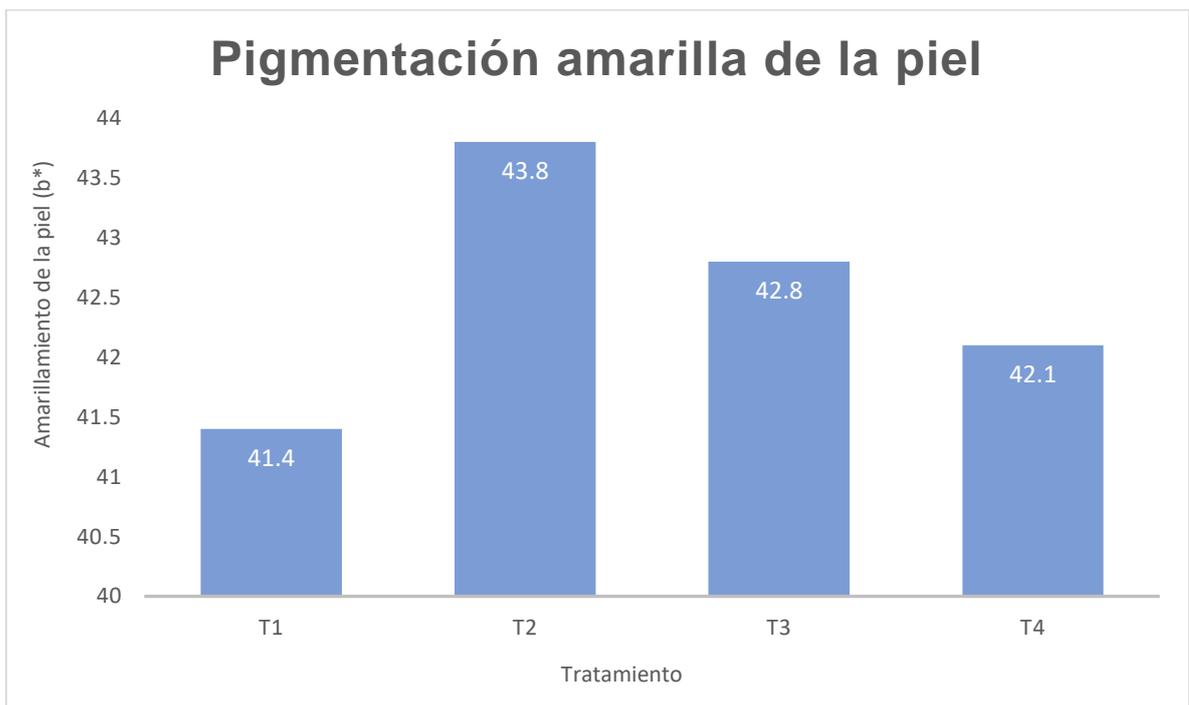
En la Figura 2, se pueden apreciar los datos de rendimiento de la canal en frío. Para la variable porcentaje de rendimiento de la canal no se detectó diferencia ($p>0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, para la pigmentación amarilla de la piel, el tratamiento 1 obtuvo el menor valor de pigmentación (41.4), seguido por los tratamientos 4 (42.8) y 3 (42.8) con mayores valores ($p<0.05$) de pigmentación amarilla de la piel en el tratamiento 2 (43.8).

Figura 2. Gráfica de rendimiento de la canal en frío.



En la Figura 3, se presentan los datos de la coloración amarilla de la piel en canal fría. Se puede apreciar claramente que el empleo de Enramicina o los probióticos en estudio incremento la pigmentación de la piel de los pollos.

Figura 3. Gráfica de pigmentación amarilla de piel en canal fría.



DISCUSIÓN

Los resultados en el presente estudio para ganancia de peso, peso vivo, rendimiento de la canal fría y pigmentación de la piel mostraron un efecto benéfico de los probióticos SPOMUNE© y PROBION-forte© similares a los obtenidos por el antibiótico Enramicina. El efecto benéfico de los probióticos sobre los parámetros productivos se debe a la que estos promueven la proliferación de microbiota beneficiosa para el huésped, a través de la exclusión competitiva mejorando la salud intestinal que es un punto clave para el rendimiento animal debido a su importancia crítica en la digestión, absorción y metabolismo de nutrientes, incidencia de enfermedades entéricas y respuestas inmunitarias (Yegani y Korver, 2008).

En cuanto a ganancia de peso, los resultados obtenidos arrojaron diferencia entre tratamientos, siendo el tratamiento 3 el que obtuvo valores más altos. En un estudio realizado por Li *et al.*, (2019) en el que evaluaron el efecto de tres cepas de *Bacillus spp*, que incluían *Bacillus subtilis* PB6, *Bacillus subtilis* DSM32315 y *Bacillus coagulans* TBC169, encontraron que la inclusión de estos probióticos incrementaba la ganancia de peso en la etapa de crecimiento. En cambio, en cuanto a consumo de alimento y conversión alimenticia no encontraron diferencia entre los tratamientos que suplementaron con probióticos, al igual que los resultados obtenidos en la presente tesis.

En otro informe, Wu *et al.*, (2018) reportaron que la suplementación de *Bacillus coagulans* en la dieta de pollos de engorda mejoro notablemente la ganancia de peso y la tasa de conversión alimenticia en comparación con los grupos de aves no suplementados.

Por otro lado, en un estudio en el que evaluaron el efecto de *Clostridium butyricum* y *Enterococcus faecium* sobre el rendimiento en el crecimiento, realizado por Zhao *et al.*, (2013), encontraron que el grupo suplementado con *Clostridium butyricum* tuvo una mayor ganancia de peso, respecto al control y el suplementado con *E. faecium*. En contraste, Zhang *et al.*, (2011) reportaron que la suplementación de *C. butyricum* en dietas para pollo de engorda no tenía ningún efecto sobre el rendimiento en el crecimiento de las aves.

Respecto a las variables consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad y porcentaje de uniformidad no se encontró diferencia estadística entre tratamientos. De Souza *et al.*, (2018) informaron que la adición de probióticos en el alimento, entre ellos *Bacillus subtilis*, no tuvieron efecto sobre el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y el rendimiento de canal, resultados encontrados también por Lorençon *et al.*, (2007). Por otro lado, los resultados publicados por Houda *et al.*, (2017) indicaron que grupos tratados con cepas de *Bacillus subtilis* mostraron disminución en la mortalidad en comparación con el tratamiento control, así como mejora en la tasa de conversión alimenticia y una disminución en el consumo de alimento en los grupos tratados con probióticos. Al igual que Zhou *et al.*, (2010) quienes informaron que al incluir *Clostridium butyricum* como probiótico en dietas para pollo de engorda, se mejoraba la tasa de conversión alimenticia y la mortalidad disminuía en comparación con el tratamiento control. Del mismo modo, Correa *et al.*, (2003) no observaron diferencia entre los tratamientos en los que fueron utilizados probióticos respecto al tratamiento control y en el que se utilizó APC en cuanto a peso vivo, peso de la canal y rendimiento de la canal.

Pourakbari *et al.*, (2016) informan que utilizar diferentes dosis de probióticos compuestos dan como resultado variaciones en las respuestas de rendimiento y parámetros de la canal, lo que sugiere que la concentración óptima de probióticos en el alimento para pollos de engorda varía según los microorganismos utilizados en la composición del producto.

Con relación a la pigmentación amarilla de la piel (b^*), los resultados arrojaron incremento con los probióticos y el APC. En la literatura, son pocos los informes realizados que reportan resultados en esta variable. Park y Kim (2014) y Contreras-Castillo *et al.*, (2008) describen que este parámetro no fue influenciado por la suplementación de probióticos.

Los resultados de los estudios mencionados previamente, sobre el efecto de la inclusión de probióticos en dietas para pollo de engorda sobre parámetros productivos, resultan controversiales; sin embargo, es importante considerar que las diferencias encontradas por los autores y en la presente tesis pueden atribuirse a muchas variables que afecten la respuesta de las aves a la inclusión

de probióticos en la dieta, entre las que se pueden mencionar se encuentran el ambiente de la caseta, condiciones de manejo, composición de la dieta, cepas de los probióticos, método de administración y fabricación de los probióticos, dosis de inclusión, estirpe, edad y sexo de las aves de experimentación.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, bajo las condiciones empleadas se puede concluir lo siguiente:

1. La inclusión de una mezcla de cepas probióticas (*Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans* y *Clostridium butyricum*) como alternativa a los antibióticos promotores del crecimiento, en este caso Enramicina, en dietas a base de maíz-pasta de soya-DDGS para pollos de engorda de 1 a 49 días de edad tuvo un efecto benéfico en la ganancia de peso y el rendimiento de la canal en frío.
2. Por otro lado, la adición de la mezcla de *Bacillus subtilis* y *Clostridium butyricum* a una dosis de 750 g/t, en la dieta de pollos más *Bacillus subtilis* y *Bacillus coagulans* a una dosis de 250 g/t de 1 a 21 días de edad y 500 g/t de *Bacillus subtilis* y *Bacillus coagulans* de 22 a 49 días de edad, incrementó también la ganancia de peso y rendimiento en la canal en frío respecto al tratamiento testigo y se comportó similar a la Enramicina.
3. La inclusión de cepas probióticas y la Enramicina en la alimentación de pollo de engorda, mejoraron la pigmentación amarilla de la piel.

REFERENCIAS

Aarestrup, F. M. (2003). Effects of termination of AGP use on antimicrobial resistance in food animals. Pages 6–11 in Working papers for the WHO international review panels evaluation. Document WHO/CDS/CPE/ZFK/2003 1a. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Abdel-Latif, M. A., Abd El-Hack, M. E., Swelum, A. A., Saadeldin, I. M., Elbestawy, A. R., Shewita, R. S., Ba-Awadh, H. A., Alowaimer, A. N., & Abd El-Hamid, H. S. (2018). Single and Combined Effects of *Clostridium butyricum* and *Saccharomyces cerevisiae* on Growth Indices, Intestinal Health, and Immunity of Broilers. *Animals*, 8(10): 184. <https://doi.org/10.3390/ani8100184>

Bajagai, SY., Klieve VA., Dart JP., y Bryden LW. (2016). Probiotics in animal nutrition. Production, impact and regulation. Food and agriculture organization of the united nations FAO. Animal Production and Health Paper. Rome. ISBN: 978-92-5-109333-7.

Broom LJ. (2017). The sub-inhibitory theory for antibiotic growth promoters. *Poult Sci*. 96(9):3104-3108. <https://doi.org/10.3382/ps/pex114>

Broom, LJ, Kogut, MH. Gut health in poultry and considerations of additives as alternatives to antibiotics. *Cab Reviews*. 2018; 13(38): 1-6.

Brown, M. (2011). Modes of action of probiotics: recent developments. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 10:1895-1900. DOI: 10.3923/javaa.2011.1895.1900

Butaye, P., Devriese LA., Haesebrouck F. (2003). Antimicrobial Growth Promoters Used in Animal Feed: Effects of Less Well Known Antibiotics on Gram-Positive Bacteria. *Clinical Microbiology Reviews*. 16(2): 175-188. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.2.175-188.2003>

Cardinal, MK., Moraes, ML., Andretta, I., Schirmann, GD., Belote, BL., Barrios, MA., Santín, E. y Ribeiro, AML. (2019). Growth performance and intestinal health of broilers fed a estandar or low-protein diet with the addition of protease. *R. Bras. Zootec*. 48. <https://doi.org/10.1590/rbz4820180232>

CEDRSSA. (2019). La importancia de la industria avícola en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Palacio

Legislativo de San Lázaro. Ciudad de México, 2019. Disponible en: http://www.cedrssa.gob.mx/post_la_importancia_de_la_n-industria_avn-cola-n-en_mn-xico.htm

Cutting, SM. (2011). Bacillus probiotics. *Food Microbiology*. 28(2):204-220. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.03.007>

Contreras-Castillo, CJ., Brossi, C., Previero, TC., Dematté, LC. (2008). Performance and carcass quality of broilers supplemented with antibiotics or probiotics. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 10(4):227-232.

Corrêa, GSS., Gomes, AVC., Corrêa, AB., Salles, AS., Mattos ES. (2003). Efeito de antibiótico e probióticos sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. *Zootecnia e Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal*. 55(4). <https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000400013>

Dhama, K., Tiwari, R., Khan, UR., Chakraborty S., Gopi M., Karthik K., Saminathan M., Desingu AP., Sunkara TL. (2014). Growth Promoters and Novel Feed Additives Improving Poultry Production and Health, Bioactive Principles and Beneficial Applications: The Trends and Advances-A Review. *International Journal of Pharmacology*. 10(3):129-159. DOI: 10.3923/ijp.2014.129.159

De Souza, FAL., Araújo, ND., Srefani, ML. Giometti, Cl., Cruz-Polycarpo, CV., Polycarpo, G., Burbarelli, FM. (2018). Probiotics on performance, intestinal morphology and carcass characteristics of broiler chickens raised with lower or higher environmental challenge. *Austral j. vet. Sci.* [online]. 50(1):35.41. <http://dx.doi.org/10.4667/S0719-81322018000100107>

Dibner, JJ. Y Richards JD. (2005). Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poult Sci*. 84(4):634:643. <https://doi.org/10.1093/ps/84.4.634>

Fernández, RF., López, HJ., Ponce, LML. y Machado, BC. (2003). Resistencia bacteriana. *Revista Cubana de Medicina Militar*. 32(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572003000100007&lng=es&tlng=es

FAO / OMS (2002). Propiedades saludables y nutricionales de los probióticos en los alimentos, incluida la leche en polvo con bacterias vivas del ácido láctico.

Informe de una consulta conjunta de expertos FAO / OMS sobre la evaluación de las propiedades nutricionales y para la salud de los probióticos en los alimentos, incluida la leche en polvo con bacterias vivas del ácido láctico; FAO / OMS: Córdoba, Argentina, págs. 1 – 34
<http://pc.ilele.hk/public/pdf/20190225/bd3689dfc2fd663bb36def1b672ce0a4.pdf>

Gadde, U., Kim, W., Oh, S., & Lillehoj, H. (2017). Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: A review. *Animal Health Research Reviews*, 18(1):26-45. doi:10.1017/S1466252316000207

Hoface, LC., Smith, AJ., Mathis FG. (2018). An optimist's view on limiting necrotic enteritis and maintaining broiler gut health and performance in today's marketing, food safety, and regulatory climate. *Poult Sci.* 97(6):1929-1933. <https://doi.org/10.3382/ps/pey082>

Houda H., Lobna D., Mouna J., Karim J., Manel BA., Adel HB., Mansour B., Alaeddine D., Mamdouh BA. (2017). A *Bacillus subtilis* strain as probiotic in poultry: selection based on in vitro functional properties and enzymatic potentialities, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 44(8):1157–1166. <https://doi.org/10.1007/s10295-017-1944-x>

Hung, AT., Lin, SY., Yang, TY., Chou, CK., Liu, HC., Lu, JJ., Wang, B., Chen, SY, Lien, T. (2012). Effects of *Bacillus coagulans* ATCC 7050 on growth performance, intestinal morphology, and microflora composition in broiler chickens. *Animal Production Science*. 52(9):874-879. doi:10.1071/AN11332

Jiang S, Yan F-F, Hu J-Y, Mohammed A, Cheng H-W. (2021). *Bacillus subtilis*-Based Probiotic Improves Skeletal Health and Immunity in Broiler Chickens Exposed to Heat Stress. *Animals*. 11(6):1494. <https://doi.org/10.3390/ani11061494>

Li, C., Wang, J., Zhang, H., Wu, S., Hui, Q., Yang, C., Fang, R. y Qi, G. (2019). Intestinal morphologic and microbiota responses to dietary *Bacillus spp.* in broiler chicken model. *Front Physiol.* 9. DOI: 10.3389/fphys.2018.01968.

Lorençon, L., Nunes, V., Pozza, R., Cesar, Dos Santos, PCP., Soares, M., Appelt, M., Da Silva M., Thiago, W. (2007). Utilização de promotores de crescimento para frangos de corte em rações fareladas y peletizadas. *Acta*

Ma, F., Xu, S., Tang, Z., Li, Z y Zhang L. (2021). Use of antimicrobials in food animals and impact of transmission of antimicrobial resistance on humans. *Biosafety and Health. 3(1): 33-38.* <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2020.09.004>

Milián, G., Pérez, M., Bocourt, R. (2008). Empleo de prbióticos basados en Bacillus sp y de sus endosporas en la producción avícola. *Revista Vubana de Ciencia Agrícola. 42(2):117.122.* <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015494001.pdf>

Mohamed, EA., Mohamed, TE., Heba, MS., Amira, ME., Mohamed, MS., Gehan, BAY., Ayman, ET., Soliman, MS., Ahmed, MA., Attalla FE., Khalid MA y Ayman AS. (2022). Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production. *Poultry Science.* <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101696>.

Niewold, TA. (2007). The Nonantibiotic Anti-Inflammatory Effect of Antimicrobial Growth Promoters, the Real Mode of Action? A Hypothesis. *Poult Sci. 86(4):605-609.* <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.605>

OMS. (2016). Directrices de la OMS sobre el uso de antimicrobianos de importancia medica en animales destinados a la producción de alimentos. Suiza: Organización Mundial de la Salud.

Oviedo-Rondón, EO. (2019). Holistic view of intestinal health in poultry. *Animal Feed Science and Technology. 250: 1-8.* <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.01.009>

Park I., Zimmerman N., Smith AH., Rehberger TG., Lillehoj EP., Lillehoj HS. (2020). Dietary Supplementation With Bacillus subtilis Direct-Fed Microbials Alters Chicken Intestinal Metabolite Levels. *Front Vet Sci.* DOI=10.3389/fvets.2020.00123

Park, Y. H., Hamidon, F., Rajangan, C., Soh, K. P., Gan, C. Y., Lim, T. S., Abdullah, W. N., & Liong, M. T. (2016). Application of Probiotics for the Production of Safe and High-quality Poultry Meat. *Korean journal for food science of animal resources, 36(5), 567–576.* <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.5.567>

Shini, S., and Bryden, W. L. (2021). Probiotics and gut health: linking gut homeostasis and poultry productivity. *Anim. Prod. Sci.* doi: 10.1071/AN20701

Tang, YR., Wu, LZ., Wang ZG y Liu LW. (2018) The effect of *Bacillus amyloliquefaciens* on productive performance of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*. 17(2):436-441.
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1394169>

Torres C., Zarazaga M. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. ¿Vamos por el buen camino? *Gac Sanit.* 16(2):109-12
<https://scielo.isciii.es/pdf/gsv/v16n2/edit02.pdf>

UNA. (2021). Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2021. Unión Nacional de Avicultores, 2021.

Wang, Y., & Gu, Q. (2010). Effect of probiotic on growth performance and digestive enzyme activity of Arbor Acres broilers. *Research in veterinary science*. 89(2):163–167. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.03.009>

Wu, Y., Shao, Y., Song, B., Zhen, W., Wang, Z., Guo, Y., Suhaib, S y Nie, W. (2018). Effects of *Bacillus coagulans* supplementation on the growth performance and gut health of broiler chickens with *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis. *J Animal Sci Biotechnol.* 9(9). <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0220-2>

Xiong, W., Sun, Y., & Zeng, Z. (2018). Antimicrobial use and antimicrobial resistance in food animals. *Environmental science and pollution research international*, 25(19), 18377–18384. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1852-2>

Xu, L., Sun X., Wan X. (2021). Dietary supplementation with *Clostridium butyricum* improves growth performance of broilers by regulating intestinal microbiota and mucosal epithelial cells. *Anim Nutr.* 7(4): 1105 – 1114.
<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.01.009>.

Yadav, A.S., Kolluri, G., Gopi, M., Karthik, K., Malik, Y.S., & Dhama, K. (2016). Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry - a review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences.* 4:368-383. DOI:10.18006/2016.4(3S).368.383

Yegani, M., Korver, DR. (2008). Factors affecting intestinal health in poultry. *Poult Sci.* 87(10):2052-2063. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00091>

Zhang, B., Yang, X., Guo, Y. y Long, F. (2011) Effects of dietary lipids and *Clostridium butyricum* on the performance and the digestive tract of broiler chickens. *Arch Anim Nutr.* 65:329–339. doi:10.1080/1745039X.2011.568274

Zhao, X., Guo, Y., Guo, S. y Tan, J. (2013). Effects of *Clostridium butyricum* and *Enterococcus faecium* on growth performance, lipid metabolism, and cecal microbiota of broiler chickens. *Appl Microbiol Biotechnol.* 97:6477–6488. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-4970-2>

Zhao, X., Yang, J., Ju, Z., Wu, J., Wang, L., Lin, H. y Sun. S. (2020). *Clostridium butyricum* Ameliorates Salmonella Enteritis Induced Inflammation by Enhancing and Improving Immunity of the Intestinal Epithelial Barrier at the Intestinal Mucosal Level. *Frontiers in Microbiology.* DOI=10.3389/fmicb.2020.00299

Zhenhua, G., Haohao, W., Lin, S., Xiaohui, Z., Ran, S., Fuquan, Y., Ravi, G. 2017. Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1 to 42 d broiler chickens. *Anim Nutr.* 3(2):109 – 113. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.002>

Zhou X., Li, W., Wang, Y. Y Tú, P. (2010). Effect of dietary probiotic, *Bacillus coagulans*, on growth performance, chemical composition, and meat quality of Guangxi Yellow chicken. *Poult Sci.* 89(3): 588 - 593. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00319>

Zhu, Q., Sun, P., Zhang, B., Kong, L., Xiao, C., & Song, Z. (2021). Progress on Gut Health Maintenance and Antibiotic Alternatives in Broiler Chicken Production. *Frontiers in nutrition*, 8, 692839. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.692839>

ANEXOS

CUADROS

Cuadro 1. Composición y análisis calculados de las dietas basales maíz-pasta de soya-DDGS para pollos de engorda Ross 308.

Ingredientes	Iniciador 1-10 días	Crecimiento 11-21 días	Finalizador 22-49 días
Maíz amarillo	55.81	57.169	59.76
Pasta de soya	34.522	31.089	26.537
DDGS	6.000	6.000	6.000
Carbonato de calcio	1.534	1.775	1.662
Ortofosfato	0.442	0.283	0.082
DL-Metionina	0.348	0.305	0.306
L-Lisina HCl	0.283	0.234	0.226
Aceite de soya	0.266	2.3	3.996
Sal	0.257	0.264	0.274
Premezcla de Vitaminas y minerales*	0.250	0.300	0.300
L-Treonina	0.120	0.120	0.095
Secuestrante de micotoxinas	0.100	0.100	0.100
Coccidiostato	0.050	0.050	0.050
Fitasa	0.008	0.008	0.008
Pigmento	0.000	0.000	0.600
Total	100	100	100
Análisis calculado			
Nutriente	Iniciador	Crecimiento	Finalizador
EM Kcal/kg	3,000	3,100	3,200
Proteína cruda %	23.0	21.5	19.5
Fosforo no Fit %	0.480	0.440	0.390
Calcio %	1.000	0.870	0.780
Lisina digestible %	1.28	1.150	1.020
Metionina digestible %	0.648	0.586	0.552
Met + Cis digestible %	0.95	0.870	0.800
Ác. Linoleico %	1.575	2.648	3.566

*Vitamina A 12,000,000 UI; Vitamina D3 2,500,000 UI; Vitamina E 15,000 UI; Vitamina K 2g; Vitamina B1 2.25g; Vitamina B2 7.5g; Vitamina B6 3.5g; Vitamina B12 20mg; Ácido fólico 1.5g; Biotina 125mg; Ácido pantoténico 12.5g; Niacina 45g; Hierro 50g; Zinc 50g; Manganeso 110g; Cobre 12g; Yodo 0.30g; Selenio 0.20g; Cobalto 0.20g. Cantidades adicionadas de vitaminas y minerales por tonelada de alimento.