
Rendimiento zootécnico y control de patógenos en la producción de pollos de engorde utilizando probióticos microencapsulados

Bedoya C.¹, Acevedo A.J.¹, Vasquez J. ¹ Rendón J.M.^{1*}

¹ Grupo de nutrición y salud animal (Bialtec SAS, San Pedro de los milagros, Medellín, Antioquia, Colombia)

* Grupo de nutrición y salud animal ((Bialtec SAS, San Pedro de los milagros, Cra 52 42 03 bodega 101 San pedro, antioquia, Colombia; correspondencia: mauricio.agudelo@bialtec.co; phone: +57 3013716979)

Resumen: El alto potencial genético y la considerable capacidad de consumo de alimento de los pollos de engorde los hacen particularmente susceptibles a trastornos intestinales, lo que puede afectar la absorción de nutrientes y aumentar la disponibilidad de recursos para bacterias oportunistas. Abordando estos desafíos, este estudio evaluó el impacto de Fortcell Feed Avicultura (FF), un probiótico multicepa microencapsulado, en la salud intestinal en relación con el control de patógenos y los parámetros de producción en pollos de engorde bajo condiciones de granjas comerciales. Los pollos se dividieron en dos grupos: uno que recibió FF y otro con una dieta control (sin FF). Se analizaron muestras fecales para detectar patógenos como *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens*, mientras que se registraron métricas de producción, incluyendo el índice de conversión alimenticia (FCR), ganancia de peso y mortalidad. FF redujo significativamente la abundancia de patógenos, eliminando *Salmonella* y reduciendo los niveles de *Staphylococcus* spp, *Pseudomonas* spp, *Klebsiella* spp y *E. Coli*. Los pollos alimentados con FF mostraron un mejor FCR (1.54 frente a 1.60 en controles), mayor ganancia de peso diaria y una reducción del 48% en la mortalidad, mejorando la eficiencia general medida por el Factor Europeo de Producción Eficiente. Estos hallazgos destacan la capacidad de FF para mantener la integridad intestinal, reducir la dependencia de antibióticos y promover una producción avícola sostenible. El estudio permite concluir que FF es un aditivo valioso para mejorar la salud y productividad de los pollos de engorde, alineándose con las tendencias globales hacia la agricultura sin antibióticos.

Palabras clave: Probióticos, Pollos de engorde, Salud intestinal, Eficiencia alimenticia, Producción avícola, Patógenos

INTRODUCCION

Los pollos de engorde, debido a su alto potencial genético y su considerable capacidad de consumo de alimento, son particularmente vulnerables a trastornos intestinales que comprometen la digestión, la absorción de nutrientes y la función de la barrera intestinal. Estas alteraciones no solo afectan la salud de las aves, sino que también aumentan el riesgo de infecciones por bacterias oportunistas, lo que desafía la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de producción avícola. Mantener la integridad intestinal, un factor clave para la utilización de nutrientes y la resistencia a enfermedades, es una prioridad en la avicultura moderna. Los probióticos han surgido como una solución prometedora, ofreciendo una alternativa potencial a los promotores de crecimiento antibióticos al tiempo que abordan los problemas asociados con la resistencia a los antibióticos.

Investigaciones extensas destacan los beneficios de los probióticos en la mejora del rendimiento de crecimiento, la salud intestinal y la inmunidad en aves de corral. Jha et al. (2020) demostraron que los probióticos pueden modular la microbiota intestinal, estimular el sistema inmunológico y mejorar la utilización de nutrientes, contribuyendo al aumento del rendimiento de crecimiento y la reducción de desechos ambientales. Mazanko et al. (2022) mostraron que la suplementación con *Bacillus subtilis* mejoró el rendimiento de crecimiento y la modulación inmunológica en pollos de engorde, resaltando los beneficios específicos de cepas de probióticos. De manera similar, Mahfuz et al. (2017) informaron que los probióticos mejoran las tasas de crecimiento, modulan la microbiota intestinal y fortalecen las respuestas inmunológicas. Si bien estos hallazgos enfatizan el potencial de los probióticos, se requiere más evidencia de estos resultados en entornos específicos como los de granjas comerciales (Revista Alfa, 2020; Dialnet, 2017).

Este estudio aborda estas lagunas evaluando Fortcell Feed, un probiótico multicepa microencapsulado, en condiciones de granjas comerciales. Específicamente, la investigación examina sus efectos en las tasas de conversión alimenticia, la ganancia de peso, las tasas de mortalidad y el control de patógenos en pollos de engorde. Los hallazgos proporcionan evidencia de sus beneficios, contribuyendo a prácticas sostenibles de cría de aves de corral y reduciendo la dependencia de los antibióticos, alineándose así con las tendencias globales hacia una producción avícola más sostenible y eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedimiento en granja comercial

El ensayo se llevó a cabo en una granja de producción de pollos de engorde ubicada en San Félix, Medellín, utilizando pollos de genética Ross 308. Se alojaron cuatro lotes de pollos de un día de edad en corrales sobre piso, cubriendo un área total de 1.605 metros cuadrados, con un peso inicial promedio de 44 g por pollo. Tres lotes fueron alimentados con una dieta control que contiene antibióticos promotores de crecimiento autorizados (T1) y que no incluía el consorcio probiótico, mientras que el cuarto lote fue alimentado con la misma dieta y suplementado con el consorcio probiótico (Fortcell feed avicultura) añadido a una concentración de 500 g/tonelada de alimento (T2).

Se buscó comparar el rendimiento de los pollos alimentados con dietas isocalóricas e isoproteicas, que diferían únicamente en la inclusión del consorcio probiótico. Al final del proceso de producción, los operadores de la granja comercial analizaron parámetros clave de producción, incluyendo la densidad de población, conteo inicial y final de aves, producción de carne, consumo de alimento, edad promedio al sacrificio, ganancia de peso diaria, rechazos de carcasa (peso y porcentaje), tasas de mortalidad, peso corporal promedio, índice de conversión alimenticia (FCR) y el Factor Europeo de Eficiencia Productiva (EPEF). Además de registrar los pesos iniciales y finales de las aves.

Extracción de ADN y análisis bioinformático para el análisis de patógenos

Se recolectaron muestras fecales de pollos sometidos a los dos tratamientos (T1 y T2) en el entorno de granja comercial. El ADN de las muestras se extrajo utilizando el kit NORGEN Stool DNA Isolation Kit, siguiendo el protocolo del fabricante. Las muestras de ADN se cuantificaron utilizando el espectrofotómetro NanoDrop 2000/2000c (Thermo Scientific). La secuenciación del ADN se realizó preparando una biblioteca con el kit Nextera XT DNA Library Preparation Kit (Illumina), utilizando un total de 1 ng de ADN. Las bibliotecas de ADN se purificaron utilizando perlas magnéticas AMPure (Beckman Coulter) y se cuantificaron mediante el fluorómetro Qubit 4 y el kit Qubit dsDNA HS Assay Kit. Posteriormente, las bibliotecas se secuenciaron en la plataforma Illumina NGS, dirigida al gen 16S rRNA.

El análisis bioinformático se realizó utilizando CosmosID-HUB, un algoritmo de minería de datos basado en k-mers de alto rendimiento. La fase de precomputación generó un árbol filogenético de microbios junto con conjuntos de huellas de k-mers de longitud variable asociadas de manera única con ramas y hojas específicas del árbol. La fase de cálculo de muestra buscó secuencias de lecturas cortas o contigs de ensamblajes preliminares de novo en estos conjuntos de huellas, lo que permitió una detección y clasificación taxonómica sensible y altamente precisa de las lecturas NGS microbianas.

Los datos resultantes se analizaron para evaluar la abundancia de varios patógenos, incluidos *Escherichia coli* (*Escherichia-Shigella*), *Salmonella enterica*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Klebsiella* spp. Este análisis proporcionó información sobre el impacto de Fortcell Feed en la microbiota intestinal y su potencial para el control de patógenos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desempeño Zootécnico

La Tabla 1 presenta una comparación de los parámetros zootécnicos clave para los pollos de engorde bajo los dos tratamientos: T1 y T2. Se puede observar que surgieron diferencias entre ambos tratamientos en varios parámetros. Algunas diferencias clave incluyen: Mayor ganancia de peso diaria en T2, tasas de mortalidad más bajas en T2 en comparación con T1, mejor conversión alimenticia en T2 en comparación con T1 y un índice de productividad superior en T2 comparado con T1.

Tabla 1. Parámetros zootécnicos de los pollos en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Pollos iniciales	Pollos finales	Peso vivo total final (Kg)	Consumos de concentrado (g)	Edad promedio al sacrificio (d)	Ganancia media diaria (g/d)	Peso de consumo (Kg)	De-comi-sos (%)	Mortalidad	Mortalidad (%)	Peso medio (Kg)	Con-versión	Índice de productividad
1	23.415	22.495	52.874	81.360	39,8	59,1	757,1	1,43%	920	3,93%	2,350	1,54	99
1	23.401	22.043	56.899	92.120	40,5	63,7	510	0,90%	1.358	5,80%	2,581	1.62	98
1	22.999	21.163	46.850	76.520	39,3	56,3	436	0,93%	1.836	7,98%	2,214	1.63	83
2	17.850	17.300	43.063	66.400	39,1	63,7	230	0,53%	550	3,08%	2,489	1,54	105

Estas diferencias se visualizan mejor en la Figura 1, que compara los parámetros clave mencionados (incluyendo barras de error para los triplicados del T1). Como se puede observar, para la ganancia de peso diaria, el grupo T2

presentó una ganancia de peso diaria de 63,7 gramos, en comparación con un promedio de 59,7 gramos en el grupo T1. El análisis estadístico arrojó un valor p de 0,0899, lo que sugiere una tendencia hacia la significancia sin alcanzar umbrales convencionales. La diferencia de aproximadamente 4 gramos sugiere que los probióticos microencapsulados promueven tasas de crecimiento más rápidas. En cuanto a la mortalidad, fue significativamente menor en T2 (3,08%) en comparación con T1, donde la mortalidad promedió 5,90%. Esto corresponde a una reducción del 48% en las tasas de mortalidad con T2. El valor p de 0,0071 confirma esta diferencia como estadísticamente significativa, lo que resalta los beneficios potenciales del probiótico para la salud. En el parámetro de conversión alimenticia, el grupo T2 fue más eficiente, con una relación de 1,54 en comparación con 1,60 en T1. Esto representa una mejora del 5,92%, consistente con informes previos sobre la mejora en la utilización del alimento con dietas suplementadas con probióticos. El valor p de 0,0668 indica una significancia marginal, lo que sugiere que esta tendencia requiere exploración adicional. Finalmente, el índice de productividad fue sustancialmente mayor en T2 (105) frente a T1 (93,33). Esta diferencia es estadísticamente significativa, como lo evidencia un valor p de 0,0006, lo que enfatiza los beneficios acumulativos de las tasas de crecimiento mejoradas, la eficiencia alimentaria y la reducción de la mortalidad.

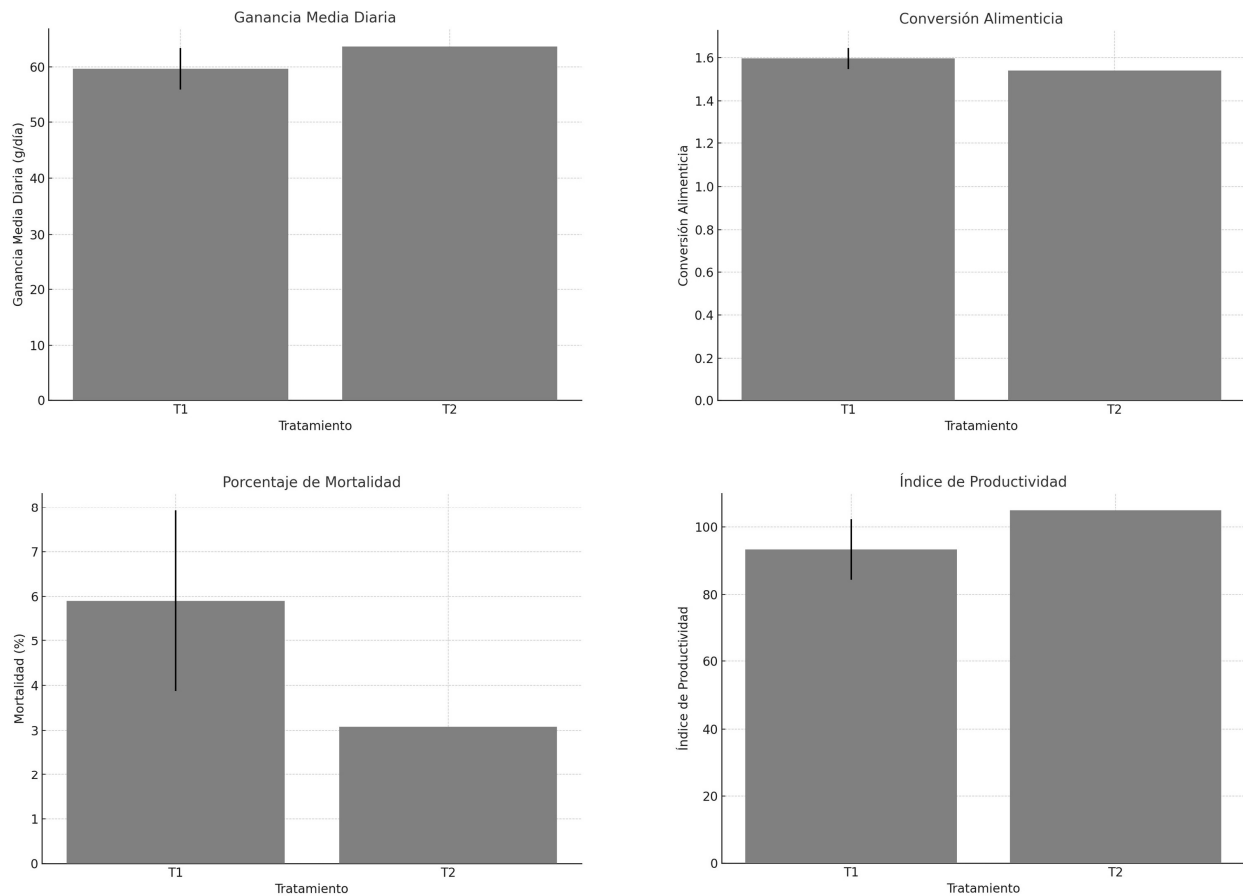


Figura 1. Comparación de parámetros clave en los dos tratamientos. Las barras de error representan un valor de desviación estándar por encima y por debajo de la media (Media \pm desviación estándar)

De acuerdo con los resultados, se puede afirmar que la inclusión de Fortcell Feed Avicultura, un probiótico multicepa microencapsulado, mejoró significativamente el rendimiento de los pollos de engorde en comparación con la dieta basal sin aditivos. Estos hallazgos corroboran estudios previos que informan los efectos beneficiosos de los probióticos en el rendimiento de crecimiento, la conversión alimenticia y los resultados de salud.

Las mayores ganancias de peso diarias con los probióticos y la conversión alimenticia más eficiente son mejoras económicamente significativas, ya que acortan los ciclos de producción y reducen los costos de alimentación. Estos resultados se alinean con investigaciones previas que demuestran que los probióticos optimizan la absorción y digestión de nutrientes al mejorar la composición de la microbiota intestinal. Por otro lado, la reducción de la mortalidad y de las tasas de rechazo con los probióticos indica una mejor salud general, probablemente debido a los efectos inmunomoduladores del probiótico. Finalmente, el índice de productividad más alto observado

con los probióticos destaca el impacto acumulativo de un crecimiento mejorado, mayor eficiencia alimenticia y una mejor salud. Esta métrica refleja la eficiencia general del sistema de producción y confirma el valor del aditivo para optimizar la producción de pollos de engorde.

Control de patógenos

En la literatura, se han identificado varias especies de bacterias como patógenos oportunistas comunes en pollos de engorde. Entre las más reportadas se encuentran: *Escherichia coli* (*Escherichia-Shigella*), *Salmonella enterica*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Klebsiella* spp.

Después de la secuenciación de ADN y el análisis bioinformático, se observó que *Clostridium perfringens* estuvo ausente en ambos grupos de tratamiento. La comparación de las abundancias relativas en ambos tratamientos de los demás patógenos reportado en la literatura, se presentan en la Figura 2.

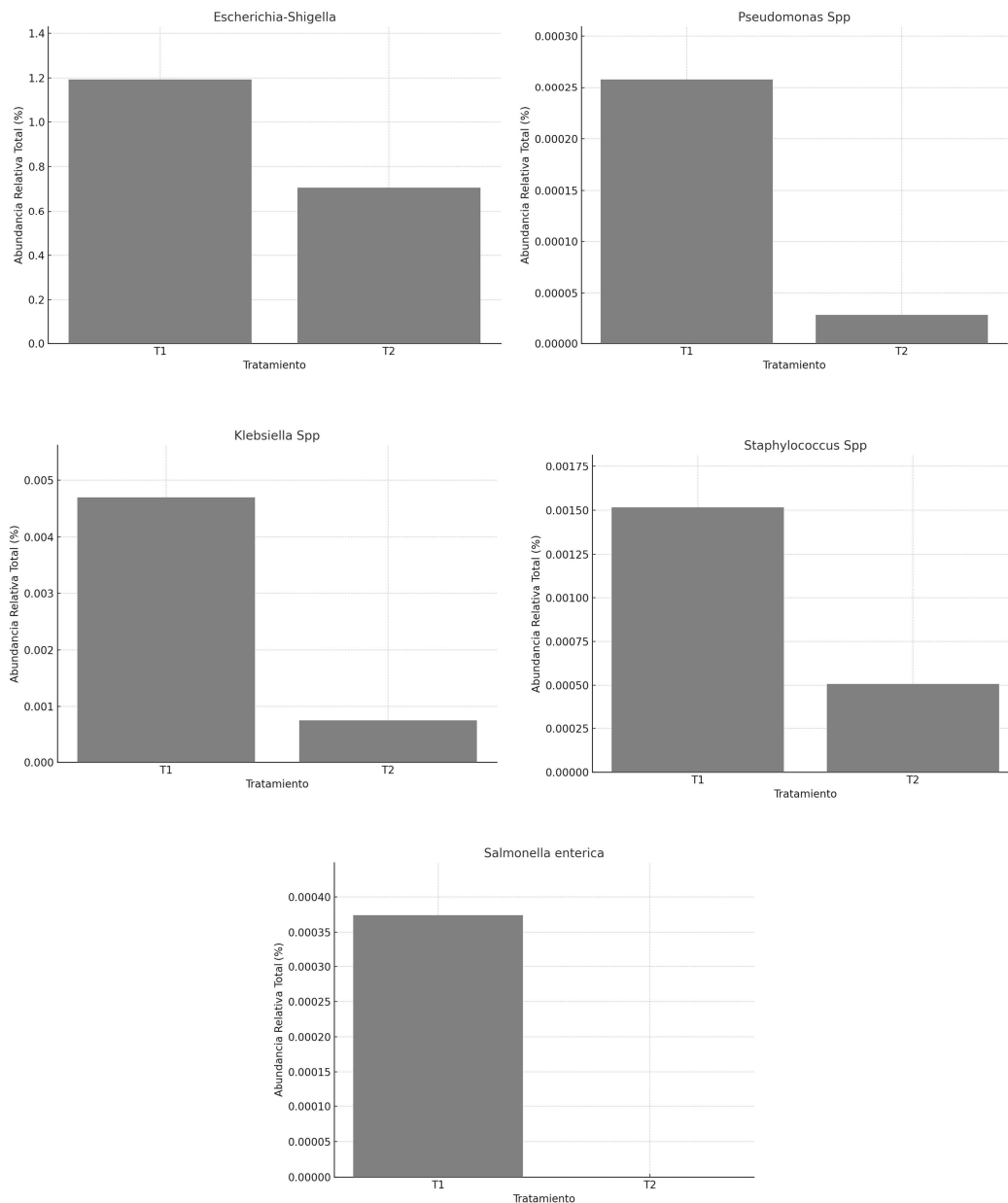


Figura 2. Comparación de las abundancias relativas de diferentes patógenos en los dos grupos de tratamiento.

Los resultados mostrados en la Figura 2 brindan información sobre el impacto de los probióticos microencapsulados en la abundancia de varios géneros patógenos en la microbiota de los pollos de engorde. En el caso de *Escherichia-Shigella*, su abundancia relativa no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,864$) entre T1 y T2. Aunque el gráfico de barras sugiere una ligera reducción en T2, esta disminución no puede confirmarse como biológicamente relevante sin más evidencia. Por su parte, *Salmonella enterica* se detectó únicamente en el grupo T1 (con una abundancia relativa de 0,00035). Para *Staphylococcus* spp., la abundancia relativa fue significativamente menor en T2 ($p = 0,048$). Esto respalda la eficacia de FF en la reducción de patógenos oportunistas asociados con infecciones como la dermatitis, artritis y problemas respiratorios. Una reducción de más de la mitad de su abundancia en los pollos alimentados con T2 destaca el potencial de los probióticos para mejorar la salud y el bienestar de las aves. En el caso de *Pseudomonas* spp., estuvo prácticamente ausente en T2. La ausencia de este género en los pollos tratados con probióticos refleja un fuerte efecto inhibitorio, alineado con su rol en la reducción de infecciones oportunistas que afectan la salud respiratoria y sistémica. Finalmente, aunque la abundancia de *Klebsiella* spp. se redujo en T2, no se detectó una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,145$). Como patógeno vinculado a infecciones sistémicas y resistencia antimicrobiana, esta reducción observada podría tener importantes implicaciones en la gestión sanitaria, aunque se requieren estudios adicionales para confirmar su significancia estadística.

Las reducciones observadas en los géneros patógenos con la inclusión de probióticos microencapsulados se alinean con su función propuesta de mejorar la salud intestinal y controlar los enteropatógenos en pollos de engorde. La reducción significativa de *Staphylococcus* spp. y la ausencia de *Pseudomonas* spp. en el tratamiento con probióticos sugieren que Fortcell Feed modula efectivamente la microbiota, creando un ambiente menos favorable para patógenos oportunistas. Este cambio en la microbiota intestinal respalda una mejor integridad intestinal y absorción de nutrientes, mejorando la salud general y la productividad. Mientras que las reducciones en *Escherichia-Shigella* y *Klebsiella* spp. no alcanzaron significancia estadística, su disminución observada indica una tendencia prometedora. La ausencia práctica de *Pseudomonas* y la disminución significativa de *Staphylococcus* subrayan el potencial de Fortcell Feed como una intervención eficaz para la gestión de patógenos intestinales. El control de patógenos como *Pseudomonas* spp. y *Staphylococcus* spp. reduce el riesgo de infecciones que comprometen el bienestar animal, como enfermedades respiratorias y septicemia. Al disminuir la carga patógena, los probióticos microencapsulados también reducen el estrés y los desafíos inmunitarios, contribuyendo a una mejora en la productividad y el bienestar. Además, la capacidad de los probióticos para reducir la abundancia de patógenos se alinea con los esfuerzos globales para disminuir el uso de antibióticos en la producción ganadera, posicionando a Fortcell Feed como una solución estratégica para cumplir con las normativas de producción sin antibióticos, manteniendo la seguridad alimentaria y la productividad.

Este estudio demuestra que Fortcell Feed Avicultura modula efectivamente la microbiota intestinal de los pollos de engorde, reduciendo patógenos oportunistas y mejorando la salud intestinal. Estos hallazgos respaldan su papel como una herramienta valiosa en la producción avícola sin antibióticos, promoviendo la seguridad alimentaria y mejorando la eficiencia de producción. Se recomienda que Fortcell Feed Avicultura sea incorporado en las dietas de los pollos de engorde para mejorar la salud intestinal, reducir la carga de patógenos y aumentar el rendimiento general. Además, se deben establecer programas regulares de monitoreo de la microbiota para evaluar la prevalencia de patógenos y los efectos a largo plazo de la suplementación con Fortcell Feed Avicultura.

Implicaciones de la tecnología de microencapsulación

La microencapsulación de Fortcell Feed garantiza la estabilidad y funcionalidad del probiótico a lo largo del tracto digestivo, mejorando su capacidad para mitigar el crecimiento de bacterias patógenas y promover la salud intestinal. Es por ello que esta tecnología puede ser fundamental para la aplicación exitosa de los probióticos, asegurando su entrega efectiva al intestino. Esta tecnología también permite que los probióticos funcionen de manera sinérgica con los antibióticos, como lo demuestra el rendimiento superior del grupo T2 en comparación con el T1. Esto sugiere que los probióticos pueden complementar el uso de antibióticos al reducir la dosis requerida y mitigar las preocupaciones relacionadas con la resistencia a los antibióticos.

CONCLUSIONES

La inclusión de Fortcell Feed en las dietas de pollos de engorde mejoró significativamente el rendimiento productivo en granja comercial, posicionándolo como una alternativa viable para incrementar la productividad y la rentabilidad en la industria avícola. Cuando se combina en una dieta comercial estándar, Fortcell Feed demostró resultados zootécnicos superiores en comparación con el uso exclusivo de la dieta estándar (que contiene antibióticos). El tratamiento que combinó la dieta estándar (con antibióticos) y Fortcell Feed avicultura logró mejores índices de conversión alimenticia, una mayor ganancia diaria de peso y una reducción de la mortalidad, confirmando que la tecnología de microencapsulación preserva eficazmente la viabilidad del probiótico, permitiendo impactos positivos en la salud intestinal y el rendimiento animal. Los resultados también validan a Fortcell Feed como una herramienta efectiva para el control de enteropatógenos, al disminuir la presencia de géneros microbianos como *Klebsiella* spp., *Salmonella* spp., *Pseudomonas* spp., *Escherichia* y *Staphylococcus* spp. Lo anterior permite la optimización de la eficiencia alimentaria y la

reducción de pérdidas económicas derivadas de problemas de salud en los pollos de engorde. El uso continuo de Fortcell Feed puede mejorar la seguridad alimentaria y minimizar la dependencia de los antibióticos, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores. Estos hallazgos enfatizan la importancia de adoptar Fortcell Feed en sistemas intensivos de producción avícola, al tiempo que se promueve un monitoreo regular de la salud de la microbiota y se explora su aplicación en otras especies animales para maximizar sus beneficios potenciales.

123
124
125
126
127
128
129

REFERENCIAS

Dialnet. Evaluación de parámetros productivos en pollos de engorde suplementados con microorganismos probióticos. Revista Dialnet de Avicultura 2017; 5(2):98-104.

130
131
132
133

Jha R; Das R; Oak S; Mishra P. Probiotics (Direct-Fed Microbials) in enhancing gut health of poultry: A review. Animals 2020; 10(10):1863. <https://doi.org/10.3390/ani10101863>

134
135
136

Mahfuz S; Rahman MM; Piao XS. Application of probiotics in poultry production: A review. International Journal of Poultry Science 2017; 16(9):328-335. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.328.335>

137
138
139

Mazanko MS; Gorlov IF; Prazdnova EV; Bren AB; Usatov AV; Chistyakov VA, et al. Bacillus probiotic bacteria enhance growth performance and modulate the immune response in broilers. Frontiers in Veterinary Science 2022; 9:877360. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.877360>

140
141
142
143

Revista Alfa. Efecto de los probióticos en el tracto intestinal de pollos de engorde: Revisión sistemática. Revista Alfa de Ciencia Avícola 2020; 8(3):123-130.

144
145