



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Uso de un probiótico (*Bacillus subtilis* sp.), en la alimentación de pollos broilers, en zonas de altura

Simbaña Segura Lesly Dayanna

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo

01 de febrero de 2022



- **Introducción**
 - ✓ **Justificación**
 - ✓ **Objetivos**
 - ✓ **Marco Teórico**
- **Materiales y métodos**
- **Resultados y discusión**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



Crianza de pollos de engorde



Principal fuente asequible de proteína



Producción:
263 millones/año

Consumo per cápita:
28,31 kg/persona/año



Aporte del 3% al PIB nacional
23% al PIB agropecuario



El manejo intensivo y el periodo de adaptación del pollito predisponen un reto de índole productivo y sanitario

Uso indiscriminado de antibióticos promotores de crecimiento (AGP)

Los probióticos del género *Bacillus* son una alternativa viable.

Antibióticos
promotores
de
crecimiento

- Estrictas regulaciones y las tendencias cambiantes de consumo
- Representan un desafío para la industria avícola



Probióticos

- Actúan como agentes profilácticos, terapéuticos y promotores del crecimiento.
- Mejoran la microflora intestinal



Bacillus subtilis

- Mejora el rendimiento: peso corporal, índice de conversión alimenticia y altura de las vellosidades



Evaluar el efecto del uso de un probiótico (*Bacillus subtilis* sp), en la alimentación de pollos broilers, sobre el desempeño productivo en zonas de altura.

- ✓ Valorar el efecto de un probiótico *Bacillus subtilis* sp. sobre los parámetros productivos: ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, rendimiento en canal, rendimiento de pechuga y retorno económico.
- ✓ Determinar el mejor desempeño de los tratamientos mediante el factor de eficiencia Europea de producción (IEE).
- ✓ Evaluar económicamente el tratamiento más eficiente.

Línea genética Cobb 500

Altamente competitiva, debido a:

- Resistencia a enfermedades
- Menor índice de conversión alimenticia
- Calidad muscular y uniformidad corporal
- Facilidad de adaptabilidad
- Resistencia esquelética y función cardiovascular mejorada



Indispensable suplementar promotores de crecimiento en los primeros días.

Antibióticos promotores de crecimiento (AGP)

Mejora la eficiencia productiva a bajo costo. Poseen propiedades antimicrobiales.

En 1997, la OMS anunció que la resistencia a los antibióticos era un problema mundial de salud pública.

La Unión Europea ha prohibido el uso de antibióticos promotores de crecimiento desde el año 2006.



Probióticos

Organismos vivos que al ser administrados confieren un beneficio para la salud del hospedero.

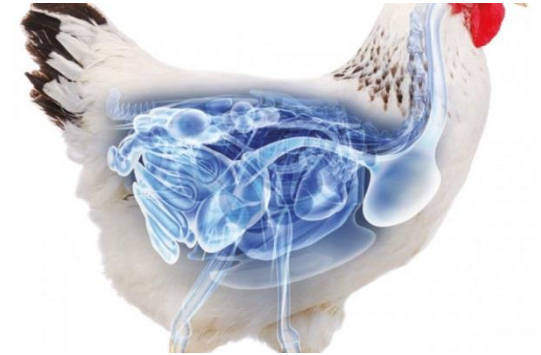
Su eficacia es variable y puede depender de numerosos parámetros.

Los microorganismos utilizados deben poseer ciertas características como:

Ser resistentes a factores físicos y ambientales, mantener viabilidad.

Adherirse a la pared intestinal, colonizar el tubo digestivo del animal y producir componentes antimicrobianos

Capacidad de crecer rápidamente en medios de cultivo de bajo costo



Bacillus subtilis sp.

Bacteria Gram positiva, aerobio facultativo comúnmente encontrada en el suelo

Capacidad inherente para formar una resistente endospora protectora, permitiendo tolerar condiciones extremas



Hacer frente al estrés por calor (HS) de manera más efectiva



Mejorar las características de la canal y la calidad de la carne de los pollos de engorde

La reducción de costos de alimentación

Beneficios



Cambios beneficiosos en la microflora intestinal y excreta

Efecto en la emisión de gases nocivos (reducción de amoníaco)

Mecanismo de acción:

Los modos de acción de los probióticos de aves de corral en general no se han aclarado completamente

Produce una variedad de enzimas hidrolíticas que son beneficiosas para la digestión animal.

Mejora la composición bacteriana de la microbiota intestinal.

Capacidad para crear un entorno anaeróbico en el intestino, con lo cual promueve el crecimiento de probióticos anaeróbicos



Hcda. El Prado - IASA I

Módulo de Avicultura
Galpón experimental

- Altitud: 2748 msnm
- Temperatura media anual: 13,96 °C
- Precipitación anual: 1332 mm



Establecimiento del proyecto

600 pollos broilers machos de la línea genética COBB 500



Distribuidos en tres tratamientos con 10 repeticiones y un tamaño de unidad experimental de 20 aves



Bajo un sistema de crianza intensivo.

T0: Alimento concentrado con antibiótico promotor de crecimiento (30mg/kg de bacitracina de zinc)

T1: Alimento concentrado sin promotor de crecimiento y suplementado con probiótico (*Bacillus subtilis* sp.).

T2: Alimento concentrado suplementado con promotor de crecimiento (30mg/kg de bacitracina de zinc) y probiótico (*Bacillus subtilis* sp.).

T0R2	T2R8	T0R5	T2R6	T2R3	T1R2	T0R9	T1R8	T2R9	T2R10	T2R5	T2R2	T2R7	T1R1	T1R4
T1R3	T0R7	T0R1	T1R9	T1R7	T0R8	T1R6	T0R10	T1R5	T1R10	T2R4	T0R3	T2R1	T0R6	T0R4



MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del galpón



Desinfección con formol al 5% y sulfato de cobre al 10%
3 aplicaciones en toda la superficie de la cama

Preparación de balanceado



Bacillus subtilis sp.



Dosis:	1,9ml/L
Concentración:	10 ¹⁰
1 a 7 días	Agua de bebida
8 a 42 días	Alimento concentrado



Recepción de los pollitos



Pesaje y distribución



Condiciones ambientales iguales.

El manejo se basó en los requerimientos básicos de acuerdo a su edad

Actividades realizadas:

- Cambio de comederos
- Manejo de ventilación
- Regulación de bebederos de niple.
- Vacunación.
- Volteo de camas.



Análisis Estadístico y variables medidas

Diseño Completamente al Azar (DCA)
con 10 repeticiones



Ganancia de peso

Consumo de alimento

Mortalidad

Índice de conversión alimenticia (CA)

Factor de eficiencia europeo (IEE)

Rendimiento en canal y pechuga


InfoStat

- Prueba de comparación de medias Tukey al 5%.
- Prueba Kruskal Wallis
- Software estadístico INFOSAT
- Análisis económico

Peso corporal

Tabla 1

Promedio \pm desviación estándar del peso de pollos de engorde sometidos a tres tratamientos.

Peso (g)	Tratamientos			p - valor
	T0	T1	T2	
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	
Inicial	50,33 \pm 0,96 ^a	51,25 \pm 1,48 ^a	50,63 \pm 2,17 ^a	0,437
7 días	204,2 \pm 10,99 ^a	205,2 \pm 9,35 ^a	209 \pm 9,6 ^a	0,535
14 días ¹	387,4 \pm 29,7 ^a	396,32 \pm 16,32 ^a	391,43 \pm 10,05 ^a	0,653
21 días ¹	993,9 \pm 38,18 ^a	1013,8 \pm 22,38 ^a	1032,06 \pm 18,84 ^b	0,017
28 días	1578,6 \pm 49,7 ^b	1699,9 \pm 50,77 ^a	1718,6 \pm 32,2 ^a	< 0,0001
35 días	2329,51 \pm 81,48 ^b	2482,06 \pm 27,09 ^a	2462 \pm 50,03 ^a	< 0,0001
42 días	3043,6 \pm 57,42 ^b	3170,6 \pm 71,13 ^a	3161,2 \pm 100,74 ^a	0,001

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes difieren estadísticamente (HSD Tukey $p < 0,05$). ¹Los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, procediendo a realizar la prueba no paramétrica Kruskal Wallis (Ranks; $p > 0,05$).

A la recepción los pollitos BB presentaron un peso inicial promedio de $50,73 \pm 1,61$ g, con un CV de 3,17, denotando uniformidad en el lote inicial.

Para el periodo comprendido del día 28 al 42, se observó que los tratamientos que contienen el probiótico (*Bacillus subtilis* sp.) presentaron un mayor peso corporal que el control.

Bai et al., (2017) reportan los efectos de *Bacillus subtilis* (BS) fmbJ sobre el crecimiento de los pollos de engorde en diferentes fases, observando que del día 1 al 21, el crecimiento no se vio afectado.

Durante el periodo 22 a 42 días, los pollos alimentados con dietas BS obtuvieron un mayor peso corporal llegando a alcanzar un peso final de 2528.10 ± 71.30 g.

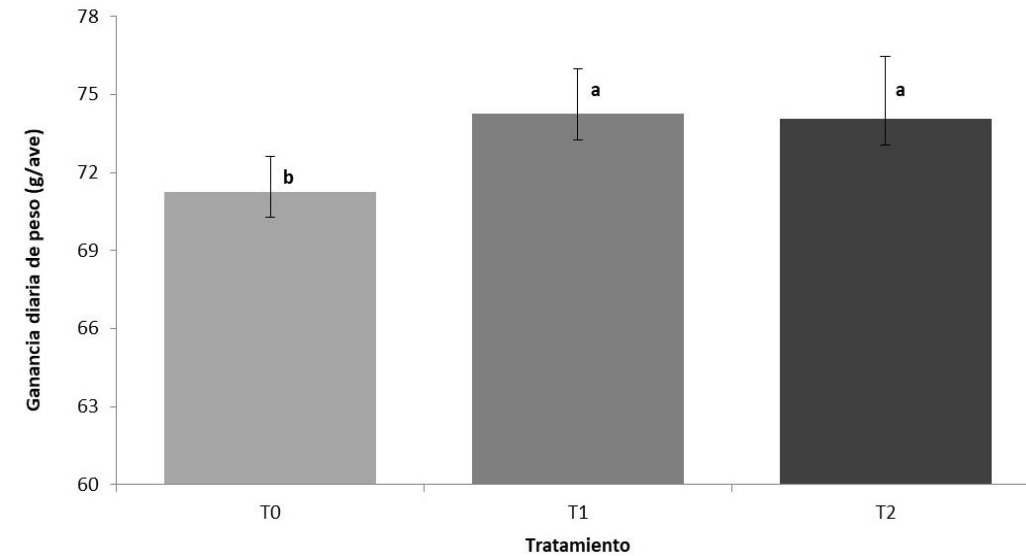
Ganancia diaria de peso (GDP)

Tabla 2

Promedio \pm desviación estándar de la ganancia diaria de peso de pollos de engorde sometidos a tres tratamientos.

Ganancia de peso (g/ave/día)	Tratamientos			p – valor
	T0	T1	T2	
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	
1 - 14 días ¹	24,08 \pm 2,1 ^a	24,65 \pm 1,1 ^a	24,34 \pm 0,6 ^a	0,703
15 - 28 días	85,09 \pm 3, 67 ^b	93,11 \pm 3,04 ^a	94,8 \pm 1,9 ^a	< 0,0001
29 - 42 días	104,64 \pm 5,05 ^a	105,05 \pm 7,52 ^a	103,04 \pm 6,67 ^a	0,768
1 - 42 días	71,27 \pm 1,36 ^b	74,27 \pm 1,71 ^a	74,06 \pm 2,39 ^a	0,0018

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes difieren estadísticamente (HSD Tukey $p < 0,05$). ¹Los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, procediendo a realizar la prueba no paramétrica Kruskal Wallis (Ranks; $p > 0,05$).



Park et al., (2020) menciona que las ganancias de peso de los pollos alimentados con dietas suplementadas con *B. subtilis* aumentaron en un rango de 5,6 a 7,6% en los grupos que se utilizó el probiótico, en comparación con los pollos alimentados con la dieta sin suplementos.

Consumo de alimento

Tabla 3

Promedio \pm desviación estándar del consumo de alimento concentrado de los pollos de engorde sometidos a tres tratamientos.

Consumo de alimento (g/ave/día)	Tratamientos			p - valor
	T0	T1	T2	
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	
1 - 14 días	42,87 \pm 1,17 ^a	43,51 \pm 1,2 ^a	43,29 \pm 1,11 ^a	0,464
15 - 28 días	107,32 \pm 5,2 ^a	105,83 \pm 5,37 ^a	106,22 \pm 2,79 ^a	0,758
29 - 42 días	180,93 \pm 10,46 ^b	171,39 \pm 6,54 ^a	174,38 \pm 8,33 ^{ab}	0,05

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes difieren estadísticamente (HSD Tukey $p < 0,05$).

En la fase de finalización el consumo de alimento diario de los pollos alimentados con una dieta suplementada únicamente con el probiótico *Bacillus subtilis* sp. presentaron un menor consumo de alimento que el control.

Park & Kim (2014), concluyen que las aves alimentadas con *B. subtilis* B2A mostraron un consumo de alimento significativamente menor ($P < 0,05$).

Park et al. (2020), encontraron que el consumo de alimento no presentó diferencias entre los grupos en los que se usó *B. subtilis* y el control.

Mortalidad

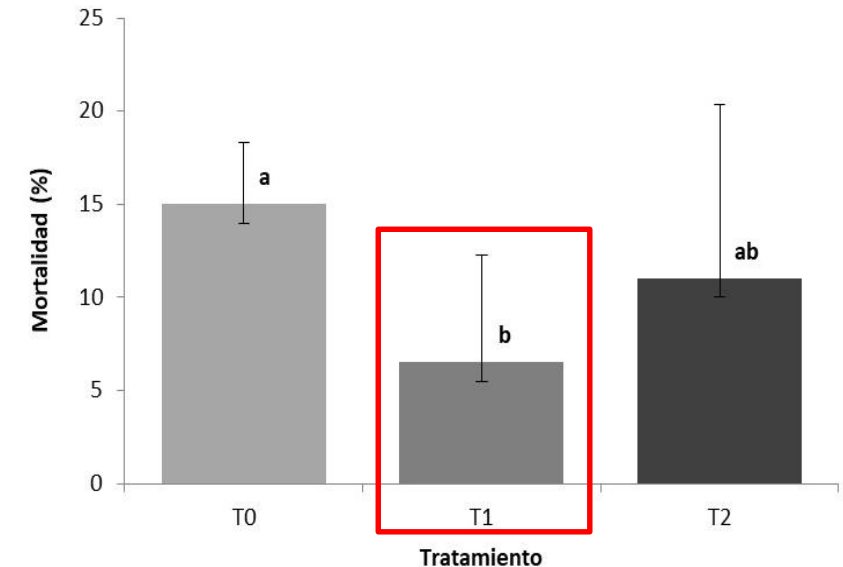
Tabla 4

Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de mortalidad de los pollos de engorde sometidos a tres tratamientos.

Mortalidad (%)	Tratamientos			p - valor
	T0	T1	T2	
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	
1 - 14 días ¹	1 \pm 2,11 ^a	0 \pm 0 ^a	0 \pm 0 ^a	0,126
15 - 28 días	6,5 \pm 4,12 ^a	1,5 \pm 2,42 ^b	4 \pm 5,16 ^{ab}	0,035
29 - 42 días	7,5 \pm 4,25 ^a	5 \pm 5,27 ^a	7 \pm 8,23 ^a	0,635
1 - 42 días ¹	15 \pm 3,33 ^a	6,5 \pm 5,8 ^b	11 \pm 9,37 ^{ab}	0,017

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes difieren estadísticamente (HSD Tukey $p < 0,05$). ¹Los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, procediendo a realizar la prueba no paramétrica Kruskal Wallis (Ranks; $p > 0,05$).

Sokale et al., (2019), exponen que la suplementación dietética con *Bacillus subtilis* redujo las lesiones por enteritis necrótica y la mortalidad.



Al sacrificio la tasa más baja de mortalidad se obtuvo con el tratamiento T1.

Qiu et al. (2021) reportan que la tasa de mortalidad del grupo suplementado con *B. subtilis* disminuyó significativamente.

Índice de Conversión alimenticia (CA)

Tabla 5

Promedio \pm desviación estándar del índice de conversión alimenticia de pollos de engorde sometidos a tres tratamientos.

Conversión alimenticia (CA)	Tratamientos			p - valor
	T0	T1	T2	
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	
14 días	1,56 \pm 0,12 ^a	1,54 \pm 0,09 ^a	1,55 \pm 0,06 ^a	0,917
28 días	1,33 \pm 0,04 ^a	1,23 \pm 0,05 ^b	1,22 \pm 0,03 ^b	<0,0001
42 días	1,52 \pm 0,07 ^a	1,42 \pm 0,06 ^b	1,44 \pm 0,07 ^b	0,0032

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes difieren estadísticamente (HSD Tukey $p < 0,05$).

Las unidades experimentales pertenecientes a los tratamientos T1 y T2, suplementados con el probiótico *Bacillus subtilis* sp. presentaron un menor índice de conversión alimenticias con respecto al control, A los 28 y 42 días.

Jacquier et al., (2019) observaron una mejora en el índice de conversión alimenticia en el grupo tratado con *B. subtilis* reduciéndose en un 5,4% en comparación al control.

Maya-Ortega et al., (2021) confirmaron que la suplementación con *B. subtilis* en las dietas genero una reducción del índice de conversión alimenticia, reportando un valor de CA de 1,41 a los 42 días de vida, valor que se asemeja al encontrado en el presente estudio.

Índice de eficiencia europeo (IEE)

Tabla 6

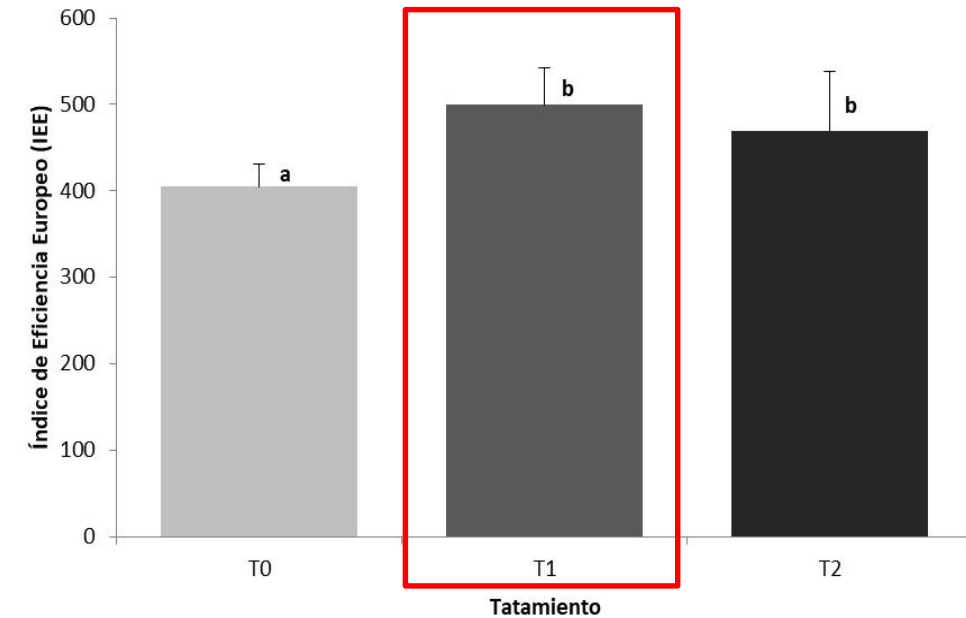
Promedio \pm desviación estándar de la viabilidad e índice de eficiencia europeo de pollos de engorde sometidos a tres tratamientos.

	Tratamientos			p - valor
	T0	T1	T2	
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	
Viabilidad (%) ¹	85 \pm 3,33 ^a	93,5 \pm 5,8 ^b	89 \pm 9,37 ^{ab}	0,017
IEE ¹	405,13 \pm 26,06 ^a	499,27 \pm 42,88 ^b	468,92 \pm 68,57 ^b	0,0039

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes difieren estadísticamente (HSD Tukey $p < 0,05$). ¹Los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, procediendo a realizar la prueba no paramétrica Kruskal Wallis (Ranks; $p > 0,05$).

El mayor porcentaje de viabilidad fue obtenido en el tratamiento 1 con 93,5 \pm 5,8 % difiriendo significativamente del tratamiento control

Jayaraman et al. (2017) indicaron que el grupo suplementación con *Bacillus subtilis* PB6 presento un valor más alto de IEE a la edad de sacrificio, debido a un mayor peso corporal y menor índice de conversión alimenticia.



La suplementación con *Bacillus subtilis* sp. ejerció efectos positivos en esta variable ya que se encontró diferencias significativas entre tratamientos, con un mayor IEE en T1, siendo 23,24% más alto que en T0, denotando una mayor rentabilidad y eficiencia en el manejo.

Rendimiento en canal y pechuga (%)

Tabla 7

Promedio \pm desviación estándar del rendimiento en canal de pollos de engorde a los 42 días de edad sometidos a tres tratamientos.

	Tratamientos			p - valor
	T0	T1	T2	
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	
Rendimiento Canal (%)	80,95 \pm 5,93 ^a	83,61 \pm 7,64 ^a	79,4 \pm 3,54 ^a	0,543
Pechuga (%)	35,15 \pm 1,56 ^a	34,71 \pm 3,65 ^a	35,65 \pm 1,99 ^a	0,849

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes difieren estadísticamente (HSD Tukey $p < 0,05$).

Yadav et al., (2018) los cuales informan que el porcentaje de carcasa promedio a los 42 días no presento diferencias significativas en los grupos de aves suplementados con *B. subtilis* o con un promotor de crecimiento, reportando un valor de 79,92 \pm 1,73%

Los porcentajes de rendimiento en canal y pechuga no se vieron influenciados por los tratamientos.

- Numéricamente, el T1 presento el porcentaje más alto para rendimiento de canal
- Para porcentaje de pechuga, el T2 presento el valor más elevado

Tang et al. (2021), no encontraron influencia de la suplementación de *B. subtilis* sobre el peso y porcentaje de la canal.

Análisis de presupuesto parcial

Tabla 8

Análisis de presupuesto parcial de los tres tratamientos.

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Rendimiento medio (kg/ave)	2,47	2,66	2,51
Rendimiento ajustado (kg/ave)	2,34	2,53	2,38
Beneficio bruto (USD / ave)	6,97	7,53	7,10
Costo promotor de crecimiento (USD / ave)	0,03	-	0,02
Costo Probiótico (<i>Bacillus subtilis</i> sp.) (USD / ave)	-	0,12	0,13
Total costos variables (USD / ave)	0,03	0,12	0,15
Beneficio neto (USD / ave)	6,95	7,41	6,94

El tratamiento 1 en el cual se suministró el probiótico *Bacillus subtilis* sp. tuvo un mayor beneficio neto con un valor de 7,41 USD/ave.

T2 dominado es decir aquel que tiene más costo variable y menos beneficio neto, constituyendo la alternativa menos rentable.

T0 y T1, no dominados, se realizó la tasa de retorno marginal

Tasa de retorno marginal

Tabla 9

Análisis de presupuesto parcial de los tres tratamientos.

	Tratamientos	
	T0	T1
Costos variables	0,03	0,12
Costos marginales	0,10	
Beneficios netos	6,95	7,41
Beneficios netos marginales	0,46	
Tasa de Retorno Marginal	468,89	

Para cambiar el manejo de la alimentación, suministrando el probiótico *Bacillus subtilis* sp., es necesario invertir 0,10 USD extra para obtener un retorno adicional de 0,46 USD (beneficio neto marginal), equivalente a una tasa de retorno marginal del 468,89%, lo que significa que por cada dólar invertido en el probiótico se obtendría 4,69 USD adicionales.

Índice Beneficio/Costo

Tabla 10

Índice Beneficio/Costo de los tratamientos evaluados.

Relación	Tratamiento		
	T0	T1	T2
Beneficio/Costo	3,33	3,67	3,28

Se observan valores mayores a 1 en todos los casos, lo que denota rentabilidad, destacando el T1 con el valor más alto 3,67, es decir que por cada dólar invertido se obtendrá 2,67 dólares de ganancia.

- La suplementación dietética con el probiótico *Bacillus subtilis* sp., solo (T1) y en combinación con un antibiótico promotor de crecimiento (T2), tuvo un efecto positivo sobre los parámetros productivos al mejorar el desempeño de pollos de engorde línea Cobb 500 con respecto a las variables, peso corporal, ganancia de peso, tasa de mortalidad e índice de conversión alimenticia; no se encontraron diferencias significativas entre el T1 y T2.
- La suplementación dietética con el probiótico *Bacillus subtilis* sp., solo (T1) y en combinación con un antibiótico promotor de crecimiento (T2), tuvo un efecto positivo sobre los parámetros productivos al mejorar el desempeño de pollos de engorde línea Cobb 500 con respecto a las variables, peso corporal, ganancia de peso, tasa de mortalidad e índice de conversión alimenticia; no se encontraron diferencias significativas entre el T1 y T2.

- En referencia al rendimiento en canal y pechuga, los pollos alimentados con una dieta basal suplementada con *B. subtilis* sp. (T1) y el grupo suplementado con una combinación del probiótico y un promotor de crecimiento (T2), no presentaron diferencias significativas respecto a los pollos del grupo suplementado únicamente con un promotor de crecimiento (T0).
- El factor de eficiencia Europea de producción (IEE) se vio influenciado por los tratamientos, observando un valor superior en los tratamientos suplementados con *B. subtilis* sp. con respecto al control (T0), destacando numéricamente el T1 al ser 23,24% más alto, denotando una mayor rentabilidad y eficiencia en el manejo.
- Mediante al análisis económico, se determinó que el tratamiento 1 representa la alternativa más rentable y viable, al generar un mayor beneficio neto con un valor de 7,41 USD/ave; una tasa de retorno marginal del 468,89% superior a la tasa de retorno mínima aceptable y un índice beneficio/costo de 3,67.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del probiótico *Bacillus subtilis* sp. como una alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento, al ser una opción segura y saludable que posee un efecto benéfico sobre el desempeño productivo de pollos de engorde línea Cobb 500, además de representar una alternativa económicamente rentable al obtener un mayor beneficio neto.
- Evaluar los efectos de la suplementación con *Bacillus subtilis* sobre la calidad y valor nutricional de la carne, propiedades fisicoquímicas, perfil de ácidos grasos y contenido de aminoácidos.
- Realizar investigaciones sobre el efecto de la suplementación con una combinación de probióticos autóctonos ya que se reportan mayores beneficios en parámetros productivos y sanitarios.
- Analizar los efectos del probiótico *B. subtilis* sobre la microbiota intestinal y del excremento, adicional evaluar las emisiones de gases nocivos.

AGRADECIMIENTOS



Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo

Ing. Jhon Cueva

Módulo de Avicultura

