



**Efecto de microorganismos eficientes sobre los niveles de amoníaco en la crianza de
aves de engorde.**

Bayas Vera, Josimar Evander y Valverde Bravo, Betty Aracely

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria

Ing. Mgs. Lucero Borja, Jorge Omar

24 de Agosto del 2023

Reporte de verificación de contenido



Ing. Mgs. Lucero Borja, Jorge Omar

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Efecto de microorganismos eficientes sobre los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde"** fue realizado por los señores: **Bayas Vera, Josimar Evander y Valverde Bravo, Betty Aracely** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo, 24 de Agosto del 2023



Ing. Mgs. Lucero Borja, Jorge Omar

C. C.: 1711853190



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Bayas Vera, Josimar Evander y Valverde Bravo, Betty Aracely** con cédulas de ciudadanía n°1752390904 y n°1722355870, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Efecto de microorganismos eficientes sobre los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 24 de Agosto del 2023

.....

Bayas Vera, Josimar Evander

C.C.: 1752390904

.....

Valverde Bravo, Betty Aracely

C.C.: 1722355870



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Autorización de Publicación

Nosotros, Bayas Vera, Josimar Evander y Valverde Bravo, Betty Aracely con cédulas de ciudadanía n°1752390904 y n°1722355870, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Efecto de microorganismos eficientes sobre los niveles de amoniaco en la crianza de aves de engorde" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo, 24 de Agosto del 2023

Josimar B.V.

.....

Bayas Vera, Josimar Evander

C.C.: 1752390904

.....

Valverde Bravo, Betty Aracely

C.C.: 1722355870

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, Javier y Malena, las personas más importantes en mi vida que han sabido alentarme y apoyarme en todo el transcurso de mi carrera, quienes me han guiado por el camino del bien inculcando los mejores valores, permitiendo alcanzar varios de mis sueños y metas, de modo que gracias a sus esfuerzo y perseverancia a lo largo de los años no sería la personas que he llegado a ser hoy en día. Son y serán siempre la fuente de mi inspiración para llegar más alto.

A mis hermanos Dereck y Mailena, que me han enseñado que ser el hermano mayor conlleva un ejemplo a seguir en sus vidas, espero que me sigan apoyando y brindando su amor ya que siempre seré su apoyo y su meta para superar en el futuro.

A mis amigos Erik y Fernando que considero parte de mi familia los cuales fueron los momentos más alegres y divertidos de mi vida, nunca olvidaré ese apoyo y querer incondicional que tienen a mi persona.

Como no dedicarle este trabajo a mi familia y amigos de la universidad, personas con las que conviví día a día y llegaron a ser parte importante en mí, este pequeño logro es retribuido a cada una de las personas que siempre creyeron que llegaría lejos y pensaron que lo lograría.

Josimar Evander Bayas Vera.

Mi trabajo de Tesis está dedicado a Dios por darme la fuerza, voluntad y sabiduría para ser guía en mi camino y por todas las bendiciones que me ha brindado.

Dedico este trabajo a mi amado esposo Geovanny Moreno, a mis queridos Hijos Kerly Vega, Johanna Moreno, Liam Moreno, y a mi madre, por ser el pilar fundamental en todo el proceso, han estado en cada etapa brindándome su apoyo incondicional. A mi suegro Adalid Moreno; A mi cuñada Diana Moreno por siempre estar allí en los momentos que más he necesitado y me han impulsado a cumplir mis metas propuestas y a cada una de las personas que formaron parte de este proceso.

A mis hermanos quienes me han brindado su ayuda y han colaborado con un granito de arena, y me han enseñado a ser hermana y mejor persona, espero que Dios nos mantenga siempre unidos y a seguir adelante con la ayuda mutua que nos caracteriza.

A todas las personas, compañeros, maestros, amigos quienes formaron parte de esta travesía y formaron parte de mi vida ya que de ustedes aprendí a valorar lo bonito que es la amistad y la unión.

Betty Aracely Valverde Bravo.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres y hermanos que siempre fueron el pilar fundamental para seguir adelante con la carrera que a pesar de todas las caídas siempre estuvieron presente para impulsarme y llenarme de valor a continuar por este camino; todos los sabios consejos y las enseñanzas que me han transmitido y de los cuales siempre los guardare en la mente y en el corazón.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sede Santo Domingo y el personal que la constituye, le agradezco por ser parte de este proceso de formación y haberme brindado el conocimiento necesario para llevar a cabo una vida profesional de gran éxito y abundancia.

A mi tutor de integración Curricular, Ing. Jorge Lucero, por estar siempre dispuesto a ayudarnos en todo momento y a instruirnos con gran conocimiento desde el inicio hasta la finalización del proyecto de tesis.

A la empresa ECB y Corproavic, que gracias a su disposición y gran ayuda con los insumos y el lugar de trabajo se mantuvo un ciclo de actividades sin imprevistos y de manera organizada.

A mi compañera de integración curricular Betty Valverde, gracias por la paciencia y la motivación que me brindaba para llevar a cabo este trabajo de investigación, por la confianza depositada y por el esfuerzo continuo para mantener un ambiente de trabajo adecuado.

Finalmente quiero expresar mi gratitud a personas que he conocido a lo largo de los años en mi carrera universitaria, quienes me han aconsejado y brindado apoyo Norman F., Luis C., Jeremy G., Nohelia M, Erika M, Kevin S., Jéssica T y Josselyn Y, gracias a todos por hacer de estos años en la universidad un experiencia agradable y placentera.

Josimar Evander Bayas Vera.

Agradezco a Dios por haberme dado sabiduría y guiado a lo largo de mi carrera estudiantil, por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida, y por haberme brindado la dicha y la satisfacción de cumplir una meta más.

A mi esposo, mis hijos, mi madre y hermanos, quienes con mucho cariño me han ayudado e impulsado a seguir adelante y son mi pilar fundamental para poder continuar, me han brindado su amor incondicional.

A Yaritza Farfán mi hermana del alma, un ser incondicional siendo mi apoyo en muchas ocasiones, siendo mi maestra y modelo para seguir siendo mi fuerza e inspiración quien me acompañó en toda mi formación académica y personal.

A mi compañero de tesis y amigo Josimar Bayas, A mi querida amiga Cristina Ñacata, Axel Triviño, quienes aparte de ser mis compañeros me han brindado su amistad e apoyo incondicional brindándome alegrías durante este recorrido.

A mi tutor de tesis Ing. Jorge Lucero por su paciencia y apoyo constante y guía de conocimientos en el proceso de elaboración del presente trabajo.

Finalmente, a mis familiares y amigos y en especial a mis maestros que con su vocación de enseñanza me impartieron sus conocimientos y contribuyeron a mi formación, les agradezco desde el fondo de mi corazón y gracias por formar parte de esta linda experiencia.

Betty Aracely Valverde Bravo.

Índice de Contenido

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Resumen	17
Abstract	18
Capítulo I	19
Introducción	19
Objetivos	21
Objetivo General	21
Objetivos Específicos	21
Hipótesis	21
Hipótesis nula	21
Hipótesis alternativa	21
Capítulo II	22
Revisión de Literatura	22

	11
Amoniaco	22
Efecto del amoniaco sobre la producción avícola y en el ambiente	22
Condiciones que favorecen la producción de amoniaco	23
El pH	23
Temperatura	24
Humedad de la cama y ambiente	25
Espesor	25
Equipos	26
Alimentación	26
Ventilación	27
Densidad poblacional	27
Efecto del Amoniaco sobre la Salud del Animal	28
Manejo de la Cama para la Reducción de los Niveles de Amonio	29
Técnicas sobre la cama de pollo	30
Uso de microorganismos eficaces en explotaciones avícolas	32
Tipos de microorganismos eficientes utilizados en explotaciones avícolas	33
Trichoderma spp.	33
Paecilomyces spp.	34

	12
Bacillus subtilis	35
Capítulo III	36
Materiales y Métodos	36
Ubicación del lugar de la investigación	36
Ubicación política	36
Ubicación geográfica	36
Ubicación ecológica	37
Materiales	37
Métodos	38
Manejo específico del experimento: fase de campo	38
Manejo específico del experimento: fase de laboratorio	40
Diseño experimental	42
Tratamiento a comparar	42
Tipo de diseño	42
Características de la unidad experimental	43
Croquis del ensayo	43
Análisis Funcional	44
Variables a medir	44

	13
Medición de las variables ambientales	44
Medición de las variables productivas	45
Medición de las variables microbiológicas	45
Capítulo IV	47
Resultados y Discusión	47
Variables ambientales	47
Concentración de amoniaco	47
Humedad relativa	49
Temperatura ambiental	50
pH de la cama	51
Variables productivas	52
Consumo de alimento	54
Conversión alimenticia	56
Porcentaje de mortalidad	58
Variables microbiológicas	60
Recuento de colonias: hongos y bacterias	60
Análisis económico	64
Implicaciones	66

	14
Capítulo VI	67
Conclusiones	67
Recomendaciones	68
Bibliografía	69

Índice de Tablas

Tabla 1 Temperaturas óptimas durante el crecimiento del pollo de engorde.	27
Tabla 2 Incidencia de Clostridiosis, casos de acuerdo al espesor de la cama.	28
Tabla 3 Densidad de pollos según la edad.	30
Tabla 4 Efectos del NH ₃ en el desempeño de las aves.	31
Tabla 5 Plan de vacunación	36
Tabla 6 Recursos necesarios para la toma de muestras en campo.	40
Tabla 7 Recursos necesarios para la preparación de medios y siembra del material de las camas.	40
Tabla 8 Descripción del plan de vacunación empleado.	42
Tabla 9 Descripción de los tratamientos a comparar.	45
Tabla 10. <i>Conversión alimenticia de machos y hembras por tratamiento.</i>	60
Tabla 11 Análisis económico de los tratamientos evaluados.	69

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Transformación del nitrógeno en el excremento avícola.</i>	25
Figura 2 Mapa de la ubicación geográfica en donde se llevó a cabo el estudio.	39
Figura 3 Croquis del ensayo.	47
Figura 4. Niveles de amoniaco en función de los tratamientos durante los días de estudio.	50
Figura 5. Concentración de amoniaco en relación a los tratamientos.	51
Figura 6. Porcentaje de humedad del ambiente en función de los tratamientos durante los días de estudio.	52
Figura 7. Temperatura ambiente durante los días de estudio.	53
Figura 8. pH del material de la cama en función de los tratamientos durante los días de estudio.	55
Figura 9. Influencia de los tratamientos en el peso vivo de los pollos conforme al transcurso de los días.	56
Figura 10. Influencia del sexo y el transcurso de los días en el peso vivo de los pollos.	57
Figura 11. Consumo diario de alimento por ave.	58
Figura 12. Consumo diario de alimento acumulado por ave.	59
Figura 13. índice de conversión alimenticia para machos y hembras.	61
Figura 14. Porcentaje de mortalidad diaria en los galpones.	62
Figura 15. Mortalidad diaria acumulada.	63

Figura 16. Recuento de las unidades formadoras de colonias de hongos presentes en las camas durante el desarrollo del estudio.

64

Figura 17. Recuento de las unidades formadoras de colonias bacterianas presentes en las camas durante el desarrollo del estudio.

66

Resumen

La presente investigación estudió el efecto de microorganismos eficientes sobre los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde en ambiente controlado; misma que, se realizó en la Granja Corproravic en el Km 18 de la vía a Chone en la parroquia de Nuevo Israel, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. El ensayo se realizó en tres galpones con ambiente controlado, para cada tratamiento, siendo estos 3 en total; T1: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, Testigo y T2: *Paecilomyces* + *Bacillus subtilis*, que tuvieron 40000, 37300 y 41700 aves respectivamente. Se aplicó el ANOVA en las variables ambientales (Concentración de amonio, humedad y temperatura), productivas (peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad) y microbiológicas (recuento de colonias: hongos y bacterias). Para lo cual, en el primer caso se tomaron dos medidas por cada día de registro; mientras que, para las variables productivas se tomaron los pesos de 25 hembras y 25 machos por galpón. Entre tanto, las variables microbiológicas fueron evaluadas a partir de dos muestras tomadas desde el inicio del ensayo hasta el día 35. Al finalizar el ensayo T1: *Trichoderma* + *B. subtilis*, disminuyó la concentración de amoníaco y obtuvo valores superiores a 2700 g en peso vivo, con índices de conversión alimenticia reducidos, tanto en machos (1,299) y hembras (1,515). La tasa de mortalidad fue más baja en T2, con un bajo recuento de hongos al finalizar el ensayo. No obstante, la mayor relación B/C la obtuvo el testigo con \$748,93.

Palabras clave: microorganismos eficientes, pollos broiler, camas, ambiente controlado.

Abstract

The present investigation studied the effect of efficient microorganisms on ammonia levels in the rearing of broiler birds in a controlled environment; It was held at the Corproravic Farm at Km 18 of the road to Chone in the parish of Nuevo Israel, province of Santo Domingo de los Tsáchilas. The test was carried out in three sheds with a controlled environment, for each treatment, these being 3 in total; T1: Trichoderma + Bacillus subtilis, Control and T2: Paecilomyces + Bacillus subtilis, which had 40,000, 37,300 and 41,700 birds respectively. The ANOVA was applied in the environmental (ammonium concentration, humidity and temperature), productive (live weight, feed consumption, feed conversion and percentage of mortality) and microbiological (colony count: fungi and bacteria) variables. For which, in the first case, two measurements were taken for each day of registration; while, for the productive variables, the weights of 25 females and 25 males per shed were taken. Meanwhile, the microbiological variables were evaluated from two samples taken from the beginning of the trial to day 35. At the end of trial T1: Trichoderma + B. subtilis, the ammonia concentration decreased and values higher than 2700 g in weight were obtained. alive, with reduced feed conversion rates, both in males (1,299) and females (1,515). The mortality rate was lower in T2, with a low fungal count at the end of the trial. However, the highest B/C ratio was obtained by the witness with \$748,93.

Keywords: efficient microorganisms, broiler chickens, beds, controlled environment.

Capítulo I

Introducción

La avicultura es uno de los métodos de cría de animales más eficientes y proporciona seguridad nutricional a un número significativo de la población mundial. Utilizando modernas técnicas de crianza intensiva, la producción mundial ha alcanzado los 133,4 millones de toneladas en 2020, con un crecimiento constante cada año (Gržinić *et al.*, 2023).

En Ecuador este rubro, solamente entre 2018 y 2019, experimentó un incremento del 27% (Baduy *et al.*, 2022), debido a la alta demanda del mercado interno, ya que el consumo per cápita en el país se estima en 28 kilogramos, aunque puede incrementar hasta los 30 kilogramos en el próximo año (Moreta, 2023).

No obstante, esta prolífica industria tiene varias normas que debe cumplir para otorgar productos de calidad a sus consumidores; entre los cuales destacan, la salud y el bienestar animal donde se incluye el manejo de las camas (Borsoi *et al.*, 2021). Las camas de aves consisten en el estiércol y el medio de cama utilizado para criar pollos (Swelum *et al.*, 2021).

En las granjas avícolas, se producen varios desechos que se mezclan con el material de las camas, tales como el excremento de pollo, alimento, agua y las plumas, los mismos que en conjunto, son el sustrato ideal para el desarrollo de patógenos promotores de enfermedades zoonóticas; puesto que, tienden a acumularse y volatilizarse con facilidad (Díaz *et al.*, 2022).

El amoníaco (NH_3) es el principal gas producido en los galpones avícolas por la descomposición química del ácido úrico a través de las bacterias presentes en la cama. Los niveles de NH_3 son especialmente altos en los gallineros que utilizan cama vieja para criar parvadas sucesivas (Swelum *et al.*, 2021).

Conforme a Aggarangsi *et al.*, (2021), las granjas de pollos de engorde producen una cantidad significativa de cama para pollos de engorde (~1 kg de desechos/ave recolectada) que contiene estiércol de pollo e, inevitablemente, materiales de cama lignocelulósicos.

Además, según Anand *et al.*, (2021) las aves de corral pueden consumir una proporción significativa (hasta el 4 %) de su alimento en la cama e incluso consumir directamente de la misma. Por lo cual, mantener las condiciones ideales para la producción de este tipo de animales, es un desafío; considerando que estas explotaciones manejan altas densidades poblacionales en confinamiento.

La utilización de microorganismos eficientes ha surgido como una alternativa para el tratamiento de las camas utilizadas en los planteles avícolas; varios de ellos son productos que contienen hongos y bacterias que son capaces de interactuar en su fermentación, generando también, beneficios a nivel ambiental y productivo (Hoyos *et al.*, 2018).

Existen diversos estudios donde se han utilizado estos microorganismos, tal es el caso de Aggarangsi *et al.*, (2021), que utilizaron *Trichoderma longibrachiatum*, para el pretratamiento del material de cama lignocelulósico derivado de la granja de pollos de engorde (cáscara de arroz) con la intención de mejorar la digestión anaeróbica en estado sólido (SS-AD). Como también, Jaramillo (2017) que evaluó 5 tratamientos alternativos para la reducción del amoníaco en camas usadas empleando dosis de 50 cc/m² de microorganismos eficientes.

Por lo tanto, el tratamiento de las camas con microorganismos podría constituirse en una alternativa de bajo costo, efectiva y respetuosa con el medio ambiente para la gestión de las camas que utilizan los pollos de engorde (Aggarangsi *et al.*, 2021).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de microorganismos eficientes sobre los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde.

Objetivos Específicos

Monitorear las variables ambientales: concentración de amoníaco, humedad relativa, temperatura y pH, en los galpones.

Analizar las variables productivas y microbiológicas de los diferentes tratamientos en estudio.

Realizar un análisis costo/beneficio de los tratamientos evaluados.

Hipótesis

Hipótesis nula

H₀: La acción de los microorganismos eficientes no presenta diferencias significativas sobre los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde.

Hipótesis alternativa

H₁: La acción de los microorganismos eficientes presenta diferencias significativas sobre los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde.

Capítulo II

Revisión de Literatura

Amoniaco

El amoniaco (NH_3) es un compuesto químico también denominado gas de amonio, habitualmente se encuentra de forma de gas incoloro en el ambiente de olor muy fuerte picante y se produce a través de la descomposición orgánica, los seres vivos al estar expuesto a niveles altos de amoniaco producen quemaduras, irritación en la piel, en la boca, es tóxico por inhalación produciendo daños pulmones, garganta y en los ojos produciendo ceguera e incluso puede provocar la muerte (Perdomo *et al.*, 2010).

Dentro de la producción avícola el amoniaco (NH_3) es uno de los principales gases contaminantes. Por su efecto en la calidad del aire afecta en la salud de los animales como al medio ambiente produciendo efectos negativos como la disminución de la ganancia de peso y deterioro del sistema inmune que hace la aparición de enfermedades respiratorias (Pereira & Peñate, 2016).

Según la normativa avícola europea (2011), menciona que dentro de la crianza los niveles de amoniaco no deben superar los 20 ppm (Bellés, 2011).

Efecto del amoniaco sobre la producción avícola y en el ambiente

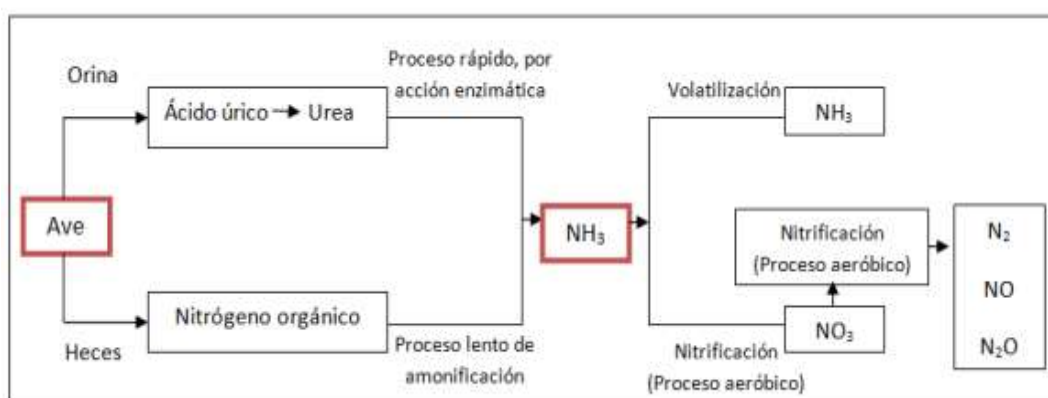
El amoniaco en la producción avícola se produce a partir de la descomposición del ácido úrico de las deyecciones de los animales que son activadas por las enzimas uricasea y ureasa después de la actividad microbiana deduciendo que a partir de los niveles de 20 ppm causan daños en la salud de las aves (Vásquez, 2020).

Para la medición de los niveles de amoniaco se pueden usar diferentes herramientas, como dispositivos electrónicos o portátiles hasta tiras reactivas. Esta se debe medir a nivel del

piso considerando la altura de los animales, lo cual se debe evaluar varias veces al día, en vista que la concentración de amoniaco es variable durante el día, y la medición se debe realizar en diferentes sitios del galpón. El momento propicio es durante la madrugada debido a que la ventilación es mínima durante la noche (Kristense, 2019).

Figura 1

Transformación del nitrógeno en el excremento avícola.



Nota. Obtenido de: Fernández (2015).

El principal efecto en el medio ambiente es la eutrofización de las aguas, la basificación de la atmósfera, las sales de amonio que de él se derivan contaminan los efluentes de agua y alteran el sistema ecológico. También produce malos olores que afectan la salud de la población cercana a la explotación y principalmente a los trabajadores (Fernández, 2015).

Condiciones que favorecen la producción de amoniaco

El pH

En la cama el pH tiene una importante función en la volatilización del amoniaco, al principio el pH de la cama es ácido (cascarilla de arroz 6,9-viruta de pino pH 6), a medida del curso de crecimiento del animal en la camada el pH tiende a subirse convirtiéndose en básico

(7-10), conforme aumenta el pH aumenta la producción de amoníaco volátil (pH 11), el cual alcaliniza el medio. Si el pH permanece bajo (pH 9) existe mayor actividad de la enzima uricasa mayor producción del ion amonio (Arellano, 2014).

Después de la primera crianza, en la cama el pH logra estabilizarse entre (8-9) siendo este rango favorable para el crecimiento de bacterias de importancia en la avicultura como *Salmonella* y *Campylobacter*, la disminución del pH incrementa la concentración de bacterias acidófilas y reduce la calidad de las condiciones ambientales, la volatilización es menor en pH por debajo de 7 y es mayor con pH superior a 8.

Temperatura

La temperatura de la cama y la del ambiente deben estar relacionados, es un factor clave para el buen desarrollo de las aves, en los lotes menores a 20 días esta debe estar a un nivel por debajo de la temperatura ambiente *“si en un día la temperatura ambiente es de 30° C y la temperatura de la cama es de 23° C, tenemos una diferencia de siete grados. Esta diferencia es el límite para que la ganancia de peso de los pollitos comience a verse afectada”*

Así mismo la temperatura de la cama se encuentra entre los 25 y 30 °C óptimo para el crecimiento bacteriano y por ende la producción de amoníaco, que al mismo tiempo va también el aumento de la alcalinidad de la cama o una analogía directamente proporcional conforme disminuye el pH disminuye la humedad (Arellano, 2014).

En producciones avícolas en Costa Rica encontraron una mayor concentración de amoníaco al medio día y en las horas de la tarde, las elevadas temperaturas favorecen las emisiones de NH₃ determinado una relación positiva entre la temperatura ambiental y concentración de amoníaco de tal manera que el incremento de la temperatura y la humedad facilita un medio idóneo para el desarrollo de poblaciones bacterianas (Herrera *et al.*, 2013).

Tabla 1

Temperaturas óptimas durante el crecimiento del pollo de engorde.

Edad	Temperatura ambiente °C	Temperatura óptima de cama °C
1º día	32 - 34 °C	28 - 30°C
1º semana	30 °C	
2º semana	26 °C	
3º semana	22 °C	
4º semana	20 °C	

Nota. Obtenido de: Duchman (2019).

Humedad de la cama y ambiente

El exceso de humedad en un índice mayor del 65% causan problemas en la salud aumenta las quemaduras cutáneas, pododermatitis, decompuestos por las autoridades. Una cama con exceso de humedad contribuye a subir los niveles de amoníaco permitiendo la proliferación de hongos y bacterias desnitrificantes. Una cama con un porcentaje de humedad por debajo del 20% existe un aumento del incremento de polvo dentro del área de crianza

Según la humedad de la cama deben estar entre el 20-35% sin sobrepasarse este rango esta humedad es muy común encontrar alrededor de los bebederos (Prá, 2010). La humedad relativa del ambiente oscila entre 60-70%.

Espesor

La influencia del espesor de la cama en el crecimiento de las aves es un parámetro importante es una herramienta bastante útil para reducir los niveles de amoníaco es muy habitual encontrar camas con un espesor de 10 cm, un aumento del espesor aumenta la compactación

cercana al piso generando un ambiente anaeróbico propicio para el desarrollo de enteritis necrótica causado por *Clostridium* spp.

Tabla 2

Incidencia de Clostridiosis, casos de acuerdo al espesor de la cama.

Espesor de la cama	Nº de galpones	Casos de Clostridiosis	%
5 cm	43	02	4,65
6-10 cm	65	06	9,23
Mayor a 11	114	36	31,58

Nota. Obtenido de: Prá (2010).

Equipos

Dentro de los materiales que intervienen en la producción de amoníaco se encuentran los bebederos debido a la inevitable pérdida de agua, adecuando un ambiente húmedo propicio para el desarrollo de patógenos. Uno de los equipos más importantes en la reducción de pérdidas de agua, son los bebederos tipo niple los cuales reducen las pérdidas del líquido, evitando la humedad de la cama, favoreciendo un ambiente higiénico debido a que a menor niveles de humedad en la cama menos emisiones de amoníaco lo que ayudará a reducir el estrés calórico (Loor & Moreira, 2022).

Alimentación

Dentro a lo que respecta la alimentación las dietas de las aves de corral contienen altos niveles de proteína, es así que el exceso de nitrógeno (N) que el cuerpo no asimila se degrada por la liberación de amonio y este a su vez por proceso de descomposición de enzimas como la ureasa y uricasea se convierte en gas amoníaco.

Reducir las cantidades de proteína cruda en la alimentación, disminuye el (N) en las excretas el cual puede disminuir los niveles de amoníaco (Cohuo *et al*, 2016). Pues la adición de materiales inorgánicos (enzimas zeolitas, ME) a las dietas disminuye las excreciones de N, P, lo que determina menor volatilización de NH_3 sin afectar el rendimiento de la producción.

Ventilación

Con ayuda de la genética los expertos han alcanzado acelerar el ritmo de crecimiento y el rendimiento; con una ventilación escasa y temperaturas altas por encima de lo normal el pollo deja de comer y la ganancia diaria se deteriora. La producción de NH_3 sin ventilación conjuntamente con otros factores harán que el ambiente no sea confortable durante la crianza del ave e interfiera en los parámetros productivos, pues mantener una buena ventilación y una adecuada temperatura es indispensable para mantener un ambiente de confort y bienestar animal (Cuéllar, 2020).

Una ventilación inadecuada cuando existe temperaturas demasiado bajas el pollo tiende a consumir más alimento. La ventilación es necesaria ya que permite que el aire dentro del galpón se renueve eliminando gases nocivos por eso esta razón es una de las más importantes dentro del control de gases tóxicos como el amoníaco, además la ventilación es necesaria para reducir el exceso de humedad (Oliveira, 2020).

Densidad poblacional

La densidad de la población (DP) en avicultura es un tema y una decisión que se basa en cuestiones de bienestar animal, el rendimiento la uniformidad y la calidad del producto final. Por otro lado la calidad de los galpones y el método de control ambiental determinan la cantidad de aves, si la DP aumenta se debe mejorar la ventilación, el espacio de comederos y la disponibilidad de los bebederos, una DP adecuada dentro de las recomendaciones de la unión Europea está entre 33 kg/m^2 hasta los 42 kg/m^2 siendo los requerimientos de ambiente más

estrictos dependiendo el clima y el ambiente en galpones, con ambientes controlados máximo 30 kg/m², en galpones abiertos con poco control máximo 20-25 kg/m², en climas más calurosos 16-18 kg/m² (Aviagen, 2018).

Dentro de los principales problemas que afecta el incremento de la densidad poblacional es la reducción de peso, el crecimiento, la viabilidad de la camada y la salud de las patas, en galpones abiertos es recomendable de 7 a 8 aves por metro cuadrado y en la crianza del pollito bebe la DP es de 50-60 pollitos por m², la alta densidad poblacional dentro de la crianza hace las condiciones sean favorables para la creación de amoniaco por el exceso de excretas, aumento de la temperatura, humedad excesiva (Aviagen, 2018).

Tabla 3

Densidad de pollos según la edad.

Días	Pollitos/m²
1 a 3	50 - 60
4 a 6	40 - 50
7 a 9	30 - 40
10 a 12	20 - 30
13 a 15	10 - 20
16 a 19	10
21 en adelante	8

Nota. Obtenido de: Cobb (2019).

Efecto del Amoniaco sobre la Salud del Animal

Las emisiones de gas amoniaco dentro de la producción avícola es un peligro sobre la salud del animal por lo mismo es una amenaza para su bienestar. Los efectos que causan los niveles de amoniaco cuando se encuentran fuera de los rangos adecuados se muestran a continuación:

Tabla 4Efectos del NH₃ en el desempeño de las aves.

Niveles de exposición del NH ₃	Efectos en el desempeño
60-70 ppm	Reducción en el crecimiento e incremento del índice de conversión alimenticia.
105 ppm exposición continua	Reduce el consumo en 10,4% y no se normaliza tras los 12 días siguientes.
25-50 ppm	Los pesos de las aves expuestas a las 8 semanas eran significantes menores a las aves de corral
50 ppm -50 días de exposición	Aves menos eficientes criadas
25,50 -200	Reducción del peso hasta 50% e incremento de la mortalidad en un 50%
60 ppm	Se predisponen a enfermedades respiratorias e infecciones por Newcastle y cambios morfológicos en bazo, hígado y glándulas suprarrenales.
125 ppm durante el invierno	Afectación a la faena debido al subdesarrollo de la carcasa. Se generan de 5-10% de carcasa con tamaños debajo del promedio.

Nota. Obtenido de Munguía (2021).

Manejo de la Cama para la Reducción de los Niveles de Amonio

La cama es el material más importante dentro del galpón es muy utilizado en la avicultura en la crianza de pollo de engorde para separar del piso directo y evitar la conexión directa entre

el suelo y el ave pues ayuda a la absorción de agua incorporada a través de las heces, orina, plumas, así como también la reducción de los cambios de temperatura dentro del galpón. La cama debe ser idónea, confortable y debe ofrecer las máximas condiciones y asegurar el bienestar animal.

La humedad de la cama para un buen desarrollo debe oscilar entre 20-35% si se sobrepasa valores > 35% existen problemas de salud, lesiones en el pecho, quemaduras cutáneas, pododermatitis. En cambio, si los valores de humedad se encuentran < 20% existe el incremento de la concentración de polvo.

El material de la cama para la crianza de pollos es un aspecto importante, la absorción del agua es variable dependiendo del tipo de material a trabajar por ejemplo la viruta de pino es capaz de retener 207 g de H₂O por cada 100 g de material; la cascarilla de arroz retiene entre 171 g de H₂O por cada 100 g de material (North & Bell, 1993).

Técnicas sobre la cama de pollo

Alcalinizantes. No son tan sugeridos por el efecto nocivo que tiene en el medio ambiente al acelerar la formación del NH₃ por la elevación del pH del sustrato, este suele ser usado en el llenado y vaciado del galpón.

- Remoción de la cama húmeda, compactada (en costras)
- Aplicación de lanzallamas en la superficie de la cama
- Distribución de Ca(OH)₂ Cal en el galpón (mínimo de 3.6Kg/m³), hasta 72 horas antes del alojamiento de las aves
- Colocación de cama nueva, seca, en el área del pollito bb

- Alojamiento de las aves 2 a 3 días después de la aplicación de cal (Silva, 2018).

Tratamientos biológicos. Consiste en la fermentación de la cama, que es un proceso natural convirtiéndose en un ambiente anaeróbico el cual se pretende subir la temperatura y la disminución de pH.

- Es importante y fundamental la remoción de la cama húmeda, que se encuentra compactada, para lo cual se destruye las costras formadas por el transcurso de la crianza.
- Aplicación de fuego directo sobre la cama después de la despoblación de las aves para la eliminación de plumas (focos de infección para una nueva crianza).
- Una acción importante es el amontonamiento profundo de la cama realizada a lo largo del galpón en la parte del centro, otra alternativa de buenos resultados es la fermentación plana para lo cual cubrimos la cama con lona de acuerdo a la medida del galpón, aproximadamente de 10 a 12 días.
- Una vez transcurrido el tiempo de fermentación remover la lona y distribuir el sustrato tratado con dicha técnica por todo el galpón.
- Se debe considerar una buena ventilación del galpón al menos por dos o tres días previos a la llegada del pollito.
- La recepción del pollo de forma óptima debe realizarse en cama o sustrato nuevo.
- La aplicación de productos biológicos está prevista con cinco días previos de la llegada del pollito, dosis efectiva 19 L en 1000 m² (Silva, 2018).

Uso de microorganismos eficaces en explotaciones avícolas

En los últimos años el uso de nuevas alternativas que ayuden a mitigar la residualidad o efectos secundarios que conlleva producción agropecuaria se basa en desarrollar sistemas que sean sostenibles, sustentables, rentables y conservadores con el ambiente y con ello aseguren alimentos sanos de lo que vincula en la mayoría a las prácticas que realicen los productores (Hoyos *et al.*, 2008).

Los microorganismos eficientes son un cóctel o mezcla o de manera independiente cultivados en ambiente líquido o sólido entre ellos *Trichoderma sp*, *Paecilomices*, *Bacillus subtilis*, *Sacharomyces spp*, *Lactobacillus sp*, *Actinomicetos* y hongos fermentadores, obtenidos de la naturaleza capaces de mantener una compatibilidad entre sí el cual genera un ambiente equilibrado produciendo un buen estado sanitario y ambientales en producciones agropecuarias (Hoyos *et al.*, 2008).

Según la facultad de Medicinas Veterinarias y Zootecnia de la universidad de Córdoba en Colombia manifiesta en un estudio de microorganismos eficaces mejoran los parámetros productivos dentro de ellos el índice de conversión alimenticia y la mortalidad reduciendo la carga microbiana de las camas, así mismo, repercutió en la relación costo beneficio deduciendo que el tratamiento con (ME) termina en un menor costo de producción generando una utilidad neta del 8.3% (Hoyos *et al.*, 2008).

Dentro de los tratamientos aplicaron en 19 L de solución (ME) más agua en un área de 300 metros cuadrados una vez al día mediante la aplicación con una bomba de espalda durante el ciclo productivo (Hoyos *et al.*, 2008).

El manejo lo realizaron mediante prácticas rutinarias propias de la empresa con un plan nutricional de tres raciones de acuerdo a cada etapa pre inicio, inicio, engorde; con un plan de

vacunación Gumboro, Newcastle con una capacidad 9 de animales por metro cuadrado (Hoyos *et al.*, 2017).

Tabla 5

Plan de vacunación

Biológico	Edad de la Ave	Vía de aplicación
Newcastle + Gumboro	7 días	Ocular y Nasal
Gumboro	14 días	Oral
New Castle	21 días	Ocular

Nota. Obtenido de Zambrano (2017).

Tipos de microorganismos eficientes utilizados en explotaciones avícolas

Durante la crianza de aves de engorde se tiene lugar al crecimiento de diferentes microorganismos benéficos o malignos en las camas, este crecimiento es debido a las heces que estos animales excretan y son depositadas en el sustrato provocando que este sea un ambiente favorable para su desarrollo y proliferación. Después de que las aves hayan culminado su ciclo de crecimiento y una única crianza, se pueden encontrar especies como *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Aureobasidium pullulans* y *Hyalodendron lignicola* son las predominantes en la cama con un solo uso, mientras que *Scopulariopsis brevicaulis* y *Aspergillus* son en los más encontrados en camas reutilizadas (Gil, 2017).

Trichoderma spp.

Trichoderma spp. del género de hongos ascomicetos cosmopolita y oportunista, se caracteriza por utilizar el antagonismo y la competencia directa, específicamente en la rizosfera,

donde modula la composición e interacción que este hongo tiene con otros microorganismos del ecosistema (Woo *et al.*, 2022).

Trichoderma spp. al ser un microorganismo multifuncional tiene la cualidad de atacar a otros hongos. Además, se lo puede considerar como agentes de control biológico, debido a su capacidad para matar organismos patógenos y mejorar el crecimiento de las plantas, según investigaciones recientes se ha demostrado que este microorganismo también se encarga de detoxificar compuestos peligrosos y acelerar la degradación de la materia orgánica (Zin & Badaluddin, 2020).

Paecilomyces spp.

Paecilomyces ssp. pertenece al Filum Ascomycota y orden Eurotiales el cual es un hongo filamentoso saprobio común, teniendo como característica principal la de controlador biológico, sin embargo, también se lo puede encontrar relacionado con la medicina, procesamiento de alimentos y seguridad ambiental (protección). Este hongo al estar relacionado directamente con actividades biológicas, ha mostrado características antimicrobianas, insecticidas, antiplasmodiales, nematocidas, herbicidas e inhibidores de enzimas (Dai *et al.*, 2020).

El género *Paecilomyces* tiene muchas una gran variedad de especies, tanto saprofitas como patógenas, encontradas en una gama amplia de hábitats, entre los cuales podemos encontrar: el suelo, material vegetal en descomposición, sedimentos marinos, compost, insectos, nematodos o la rizosfera. Dicho hongo tiene alta capacidad de crecimiento y reproducción (esporulación), por lo tanto, crece en diversidad de sustratos y temperaturas, lo que provoca una rápida multiplicación y asegura un desarrollo viable en el ambiente donde habite (Gavira *et al.*, 2020).

Bacillus subtilis

Las bacterias del género *Bacillus* tiene una acción antagónica, esto quiere decir que contiene gran cantidad de enzimas líticas, antibióticas y con sustancias de actividad biocida que tiene control directo contra organismos fitopatógenos (Méndez *et al.*, 2017). En este tipo de bacterias se destacan las Gram-positivas, aerobias, caracterizadas por ser productoras de endosporas lo que las hace resistentes al calor. Con esta característica del género *Bacillus spp.* muestra adaptabilidad a ambientes extremos a nivel terrestre y acuático. Dentro de este género podemos encontrar a las especies que se enfocan en el control biológico como es el *Bacillus subtilis* que se encarga de la producción de toxinas y antibióticos como los lipopéptidos con la capacidad de crear poros en las membranas celulares de los microorganismos patógenos, lo que genera un cambio en la presión osmótica de las células dando como resultado la muerte celular (Jaramillo, 2021).

Capítulo III

Materiales y Métodos

Ubicación del lugar de la investigación

Ubicación política

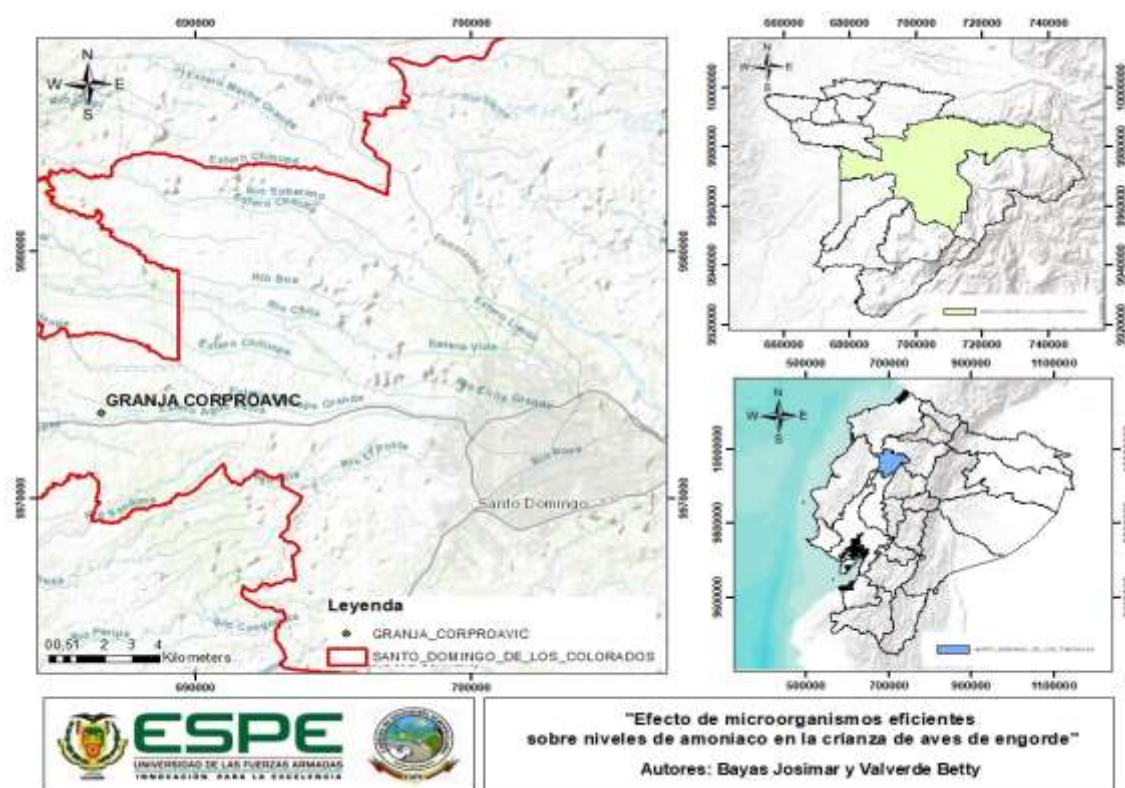
Esta investigación se llevó a cabo en la Granja Corproavic en el Km 18 de la vía a Chone en la parroquia de Nuevo Israel con coordenadas $0^{\circ}14'24.9''S$ y $79^{\circ}19'23.6''W$ (Meteobox, 2023).

Ubicación geográfica

El lugar de estudio se encuentra en las coordenadas: $0^{\circ}14'24.9''S$ y $79^{\circ}19'23.6''W$

Figura 2

Mapa de la ubicación geográfica en donde se llevó a cabo el estudio.



Ubicación ecológica

Zona de vida: Bosque húmedo tropical (bh-T)

Altitud: 354 msnm

Temperatura: 24-26 ° C

Precipitación: 2518 mm año

Humedad relativa: 91%

Suelos: Franco arenoso

Materiales**Tabla 6**

Recursos necesarios para la toma de muestras en campo.

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza gramera Bomba de fumigar Medidor de amoniaco	Pala jardinera Rastrillo Fundas plásticas de papel celofán Sobre de manila Funda de basura Marcador Balde	Camas de aves

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Recursos necesarios para la preparación de medios y siembra del material de las camas.

Equipos	Insumos	Reactivos	Muestras
Estufa Microscopio Vortex Cámara de flujo laminar Balanza analítica Agitador magnético	Cajas Petri Asa de siembra Mechero bunsen Rotulador Papel Guantes Vasos de precipitación Tubos de ensayo Gradillas Placas de vidrio	Agua destilada AGAR nutriente AGAR PDA	Camas de aves

Métodos

En el presente experimento se probaron los microorganismos eficientes para la reducción de amoníaco durante la crianza de los pollos de engorde en la compañía Avícola Corproavic Cía. Ltda.

Manejo específico del experimento: fase de campo

Infraestructura y manejo de galpones. Antes de la llegada del pollito se realizó la quema de las plumas y la desinfección del ambiente, para esto se llevó a cabo el método por aspersión en la cual se preparó soluciones químicas como Virkon y Pharfencid con dosis de 5 cc/L y 4 cc/L respectivamente (Jiménez, 2019).

Recepción de aves. Se mantuvo una temperatura de 35 °C como óptima para recibir a los pollitos, para ello se encendió las criadoras dos horas antes, con los bebederos y comederos llenos para que el pollito bebé pueda alimentarse y beber ad libitum. Antes del ingreso, se realizó un pesaje inicial de las aves para tener un valor medio real del peso del pollo (Jaramillo, 2017).

Alimentación y agua. La dieta de los pollos se manejó con la tabla de alimentación correspondiente a las líneas de pollos con las que se trabajó, la disponibilidad de alimento fue

diaria al igual que el agua. El alimento balanceado fue una formulación propia de la empresa (Jaramillo, 2017).

Calefacción y temperatura. Los niveles de temperatura para la primera semana se situaron entre 32 a 35 °C y de 28 a 32 °C en la semana posterior hasta el despacho de los pollos. La temperatura fue regulada según la cantidad de los pollos y de la temperatura ambiente (Jaramillo, 2017).

Ventilación. La ventilación fue operada según la temperatura interna del galpón para ello en los días más fríos los paneles de aireación se cerraban y los ventiladores reducían su capacidad para evitar una fluctuación fuerte de temperatura dentro del galpón (Jaramillo, 2017).

Programa sanitario y de vacunación. Para la desinfección de las botas al ingreso del galpón se utilizó creso disuelto en agua, este se colocó a la entrada del galpón donde se encontraba el pediluvio (Jaramillo, 2017).

Tabla 8

Descripción del plan de vacunación empleado.

Edad	Vacuna	Método de vacunación
5	Gumboro	Aspersión (nebulización) de la vacuna debido a la dimensión del galpón y la cantidad del pollo.
6	New Castle	
13	Gumboro	
20	New Castle	

Aplicación de los tratamientos. En el caso de la aplicación de los tratamientos estos tuvieron su comienzo a partir de la segunda semana, debido a que en la primera semana la residualidad (aproximadamente 7 días) de los productos químicos para desinfectar el galpón aún estaba presente. Los tratamientos al ser emulsiones de Microorganismos Eficientes fueron fumigados directamente en la cama de toda la unidad experimental (galpón), a razón de 10 cc/L, dosis indicada por la casa comercial. El producto fue bien disuelto durante un minuto previo a su

aplicación; tomando como referencia que, 19 L abastecen un área de 1000 m² (Pereira & Peñate, 2016).

Recolección de muestras. Los muestreos del material de la cama se realizaron con el método de zigzag, para lo cual se utilizó un balde plástico, una pala previamente desinfectada que cubrió todo el espesor de la cama incluidas las costras. En total se tomaron 20 muestras, a continuación, el material recolectado se procedió a colocar en una funda plástica para luego revolverlo utilizando un rastrillo pequeño, seguidamente se procedió a dividir el material en cuatro partes iguales. Luego se repitió el cuarteo hasta obtener una muestra al azar de aproximadamente 500 g, la cual fue colocada en una bolsa plástica rotulada, para posteriormente depositarse en una bolsa de papel manila con la intención de protegerla de la luz. Las muestras fueron almacenadas en refrigeración a una temperatura de 5° C, esta metodología se extrajo del estudio de Bueno *et al.*, (2016).

Manejo específico del experimento: fase de laboratorio

Para evaluar el efecto de los microorganismos eficientes se realizaron análisis microbiológicos para determinar la cantidad de flora microbiana como hongos y bacterias. El proceso de la toma de muestra inició antes del ingreso del pollito bebe sin inoculación para obtener una base comparativa luego de haber aplicado los tratamientos, la primera inoculación se realizó a los siete días de llegada del pollo y la toma de muestras comenzó a partir de los siete días después de haber inoculado hasta el día 35.

Preparación de los medios de cultivo. Se pesó las cantidades de Agar Nutriente y Papa Dextrosa Agar (PDA) respectivamente para bacterias y hongos, las dosis de cada se alinearon a las disposiciones del fabricante. Antes de la esterilización, los medios de cultivo fueron fundidos a la temperatura máxima de una plancha calentadora sin olvidar la agitación, el cultivo estuvo listo para esterilizar cuando se tornó de color amarillo cristalino; a continuación, se tapó y se esterilizó en el autoclave a 121°C por 15 a 20 minutos.

Transcurrido el tiempo de esterilización se extrajo el medio de cultivo y se puso a enfriar a temperatura ambiente, hasta que se pudo sujetar con la mano el recipiente y dispensar en las cajas Petri previamente esterilizadas; para mayor seguridad se dispuso cámara de flujo laminar con mecheros encendidos y así evitar la contaminación por microorganismos externos (Cervera, 2011).

Preparación de la muestra. Esta se preparó utilizando 1 g de muestra a 9 ml de diluyente; es decir que, de cada 10 ml de esta dilución el 1/10 correspondió a la muestra (Arana *et al.*, 2019).

Siembra de la muestra. Teniendo en cuenta que la preparación de la muestra fue en tubos de ensayo se destapó los tubos ya sea para bacterias u hongos (bacterias= 10^{-4} ; hongos= 10^{-5}), y con la ayuda de una micropipeta se obtuvo una microgota de la dilución para posteriormente colocar en el medio de cultivo. Esta se esterilizó mediante flameo con un asa de siembra triangular durante unos 10 segundos, después se enfrió en la proximidad de la llama y se procedió a sembrar colocando encima el asa y haciendo movimientos en zigzag hasta la mitad de la Caja Petri (Valdés, 2010).

Dilución en serie. Se prepararon 15 tubos de ensayo con líquido de dilución en cantidades exactas (9 mL) en este caso para el líquido de dilución se utilizó agua esterilizada. Una vez preparada la muestra microbiológica base de 10 ml se agitó y se transfirió con una micropipeta exactamente 1 ml de dicha solución al tubo con la rotulación 10^{-1} , seguido de esto se homogeneizó la muestra del tubo de ensayo en el vortex y se prosiguió con la misma acción hasta llegar al tubo 10^{-5} (Ricardo, 2020).

Tinción de Gram. Para determinar el tipo de bacteria encontrada en las camas de pollos se realizó la técnica de tinción gram; para este proceso se tomó una colonia de las cajas Petri sembrada y en un portaobjetos la colocamos en forma de frotis con ayuda de un asa, para que esta muestra quede fijada se selló al calor con un Mechero de Bunsen. Una vez listo el

portaobjetos se colocó una gota de cristal violeta y se dejó reposar por un minuto, luego se enjuagó con agua destilada. De esta manera se aplicó tres reactivos de forma consecutiva y con el mismo proceso: lugol, alcohol cetona y safranina. Por último, se limpió el excedente de los reactivos, secamos con ayuda de calor y colocamos en el microscopio junto con una gota de aceite de inmersión (Moreno, 2018).

Diseño experimental

En este experimento se estudió un solo factor. El complejo de microorganismos.

Factores probados. Microorganismos eficientes para reducir los niveles de amoniaco durante la crianza de pollos de engorde.

Tratamiento a comparar

En la tabla 9 se presentan los tratamientos aplicados:

Tabla 9

Descripción de los tratamientos a comparar.

Tratamiento	Descripción	Dosis	Frecuencia de aplicación
T0	Testigo		
T1	<i>Trichoderma + Bacillus subtilis</i>	10 ml	7, 14, 21, 28, 35
T2	<i>Paecilomyces + Bacillus subtilis</i>	10 ml	

Tipo de diseño

Se utilizó un análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo para las variables ambientales y productivas. Los análisis se realizaron con la ayuda del Software Infostat, mientras que, para las gráficas se empleó Microsoft Excel. Las unidades experimentales fueron los galpones.

Características de la unidad experimental

La unidad de estudio contaba con tres naves:

Dimensiones:

Largo : 167m.

Ancho : 16 m.

Área : 2762 m²

Densidad poblacional por m²: 13 aves

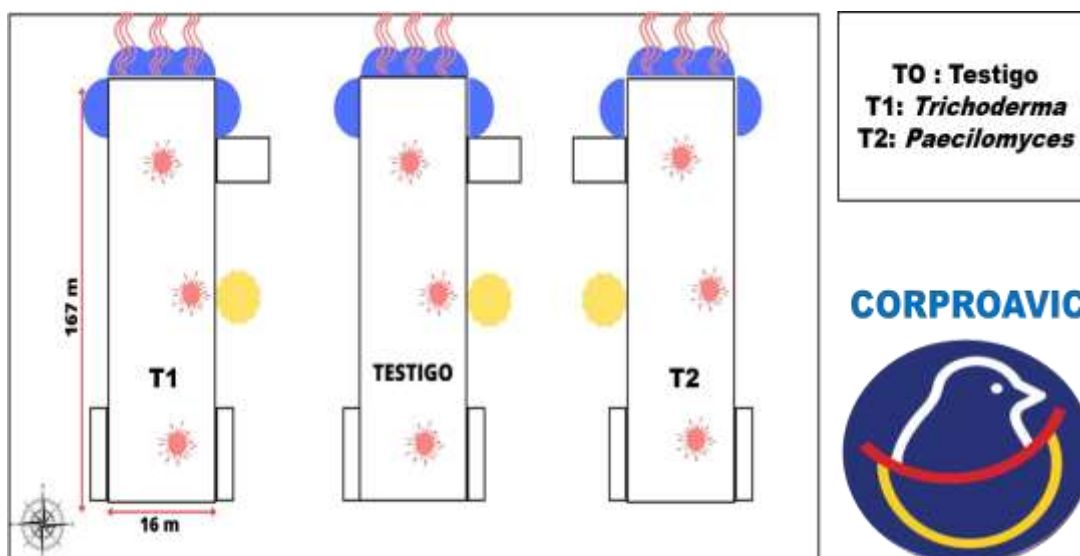
Espesor de la cama: 13 cm

Total, de aves por nave: 35,984

Croquis del ensayo

Figura 3

Croquis del ensayo.



Análisis Funcional

Para determinar las diferencias significativas de las variables evaluadas se aplicó la prueba de significancia al 5%.

VARIABLES A MEDIR

- Ambientales: Temperatura, humedad, pH y niveles de amoníaco
- Productivas: Peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad
- Microbiológicas: conteo y verificación de colonias

Medición de las variables ambientales

Para tomar las medidas de temperatura, humedad, pH y niveles de amoníaco estas tuvieron lugar a las 8 am y 5 pm; a una altura de 0,20 m sobre la cama de las aves conforme a la metodología de Pizarro (2016).

Concentración de amoníaco. Para esta variable se utilizó un detector de gas de amoníaco para aves de corral, granja de marca RQ-5800G, monitor NH₃ de 0 -100 ppm. La primera toma de datos se tomó a los siete días de la llegada del pollito bebé y las siguientes tomas de datos cada siete días hasta culminar la fase de producción 35 días, se dividió la nave de ambiente controlado en tres secciones para obtener el promedio de la concentración de NH₃, las concentraciones fueron medidas en partes por millón (ppm) metodología utilizada por Herrera *et al.*, (2013).

Humedad. Se utilizó el mismo dispositivo empleado para la medición del amoníaco, tomando en consideración las mismas directrices y los días establecidos (Jiménez, 2019).

pH. El proceso para la realización de esta variable se estableció de acuerdo a las normas INEN 526, de tal manera que, se tomó 10 g de una muestra de la cama y se adicionó 500 ml de agua destilada. A continuación, se procedió a disolver las partículas compactas, seguidamente se dejó sedimentar los sólidos y se procedió a medir el pH con la ayuda de un potenciómetro, registrando el pH correspondiente a cada tratamiento (Pizarro, 2016).

Medición de las variables productivas

Peso vivo. Para la medición de esta variable se pesó un total de 50 aves por galpón con la misma frecuencia de la medición de la concentración de gases de amoníaco. El peso inicial se tomó a la llegada del pollito bebe y cada siete días, con una balanza electrónica; al culminar la crianza a los 35 días se tomó el peso final.

Consumo de alimento y conversión alimenticia. Se llevó un control diario de cada tratamiento sobre el consumo de alimento. La conversión alimenticia se determinó mediante la fórmula que se presenta a continuación:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Kg de alimento consumido}}{\text{Kg de carne producida}}$$

Porcentaje de mortalidad. Se llevó un registro diario de la cantidad de aves que murieron durante el proceso de crianza, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de mortalidad} = \frac{\text{°N de aves muertas}}{\text{°N de aves totales}} \times 100$$

Medición de las variables microbiológicas

Recuento de colonias. Para hacer el cálculo y el conteo de colonias se utilizaron placas que tuvieran entre 30 y 300 colonias aisladas ya que por encima de 300 el número es demasiado elevado para hacer un recuento fiable y por debajo de 30 no tiene valor estadístico (Valdés, 2010).

En el caso de los hongos se verificó el tiempo de incubación de entre 5 a 7 días a temperatura ambiente, culminado los días de incubación se revisó en el microscopio la morfología y la estructuras que formó este microorganismo para determinar su familia (Dibico, 2021).

Una vez contabilizada las colonias de hongos y bacterias, se procedió a aplicar la fórmula para la transformación a Unidades formadoras de colonias (UF o UFC) por ml o g de muestra, según Arana *et al.*, (2019).

$$\frac{UFC}{g} = \frac{\text{Número o media de colonias enumeradas}}{mL sembrados} * \text{Factor de dilución}$$

Capítulo IV

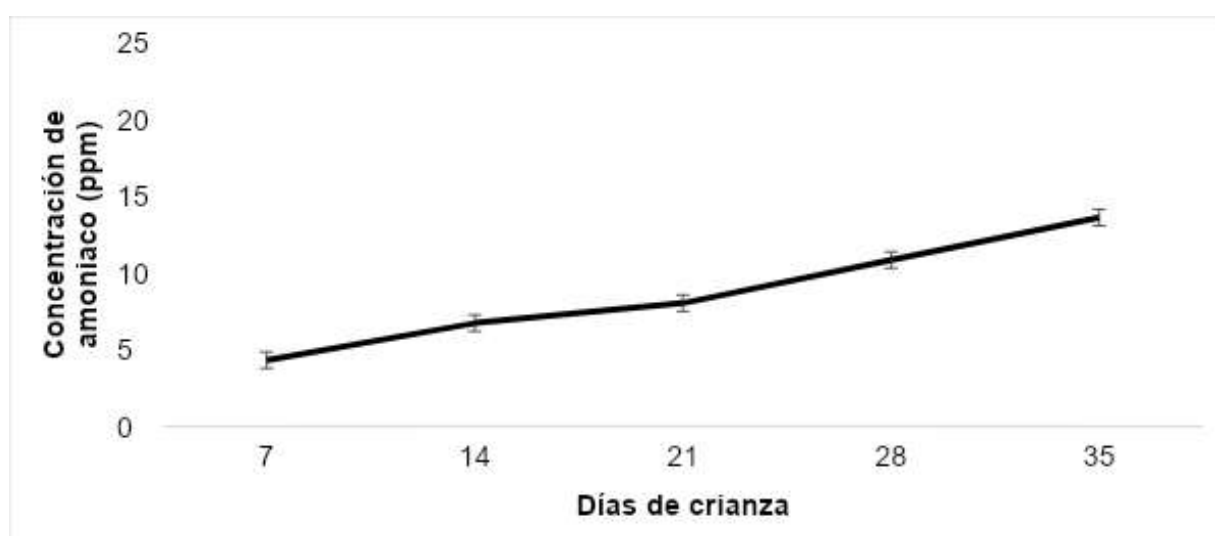
Resultados y Discusión

VARIABLES AMBIENTALES

Concentración de amoniaco

Figura 4.

Niveles de amoniaco en función de los tratamientos durante los días de estudio.



Nota: ADEVA para la concentración de NH_3 en relación a los días de crianza. DÍA ($p < 0.0001$); $R^2 = (0,95)$; CV = 15,10.

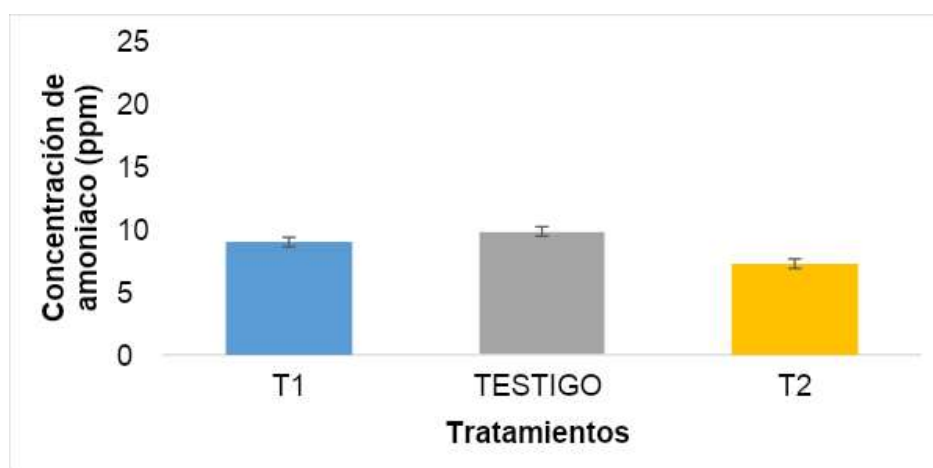
Con base en el ADEVA para concentración de NH_3 en ppm, se concluye que dicha variable se modificó con el tiempo (días de crianza), siendo un efecto simple ($p < 0.0001$). En la figura 4, se observa el comportamiento de la concentración de amoniaco (ppm) durante los días de crianza, donde se observa que los niveles se elevaron desde aproximadamente 5 ppm hasta más de 13 ppm del día 7 al 35.

Por otra parte, conforme a Swelum *et al.*, (2021), la acumulación de NH_3 en los gallineros depende principalmente del peso de las aves y de la tasa de ventilación. Lo que podría sustentar

las diferencias con el estudio de Jaramillo (2017), puesto que, en este caso, la investigación se llevó a cabo en un ambiente controlado.

Figura 5.

Concentración de amoníaco en relación a los tratamientos.



Nota: El ADEVA para la variable concentración de NH_3 evidencia que hubo efecto de los tratamientos ($p: 0,0373$); $R^2= (0,95)$; $CV= 15,10$.

Con base en el ADEVA para concentración de NH_3 en ppm, se concluye que dicha variable se modificó por efecto de los tratamientos ($p:0,0373$). En la figura 5 se observa el comportamiento de la concentración de amoníaco (ppm) en función de los tratamientos, donde el testigo presentó una mayor concentración de amoníaco con 1 ppm sobre T1 y alrededor de 2,5 ppm con respecto a T2.

Jaramillo (2017) en su estudio determinó 14 ppm a los 35 días de crianza mediante la utilización de microorganismos eficientes, esta cantidad es distante con respecto a la obtenida en T1: *Trichoderma* + *B. subtilis* y T2: *Paecilomyces* + *Bacillus subtilis* que obtuvieron menos de 10 ppm. En cuanto al testigo, Jaramillo (2017) alcanzó los 21 ppm, pero, en un galpón sin condiciones controladas, por lo cual, el valor fue superior al obtenido en este caso.

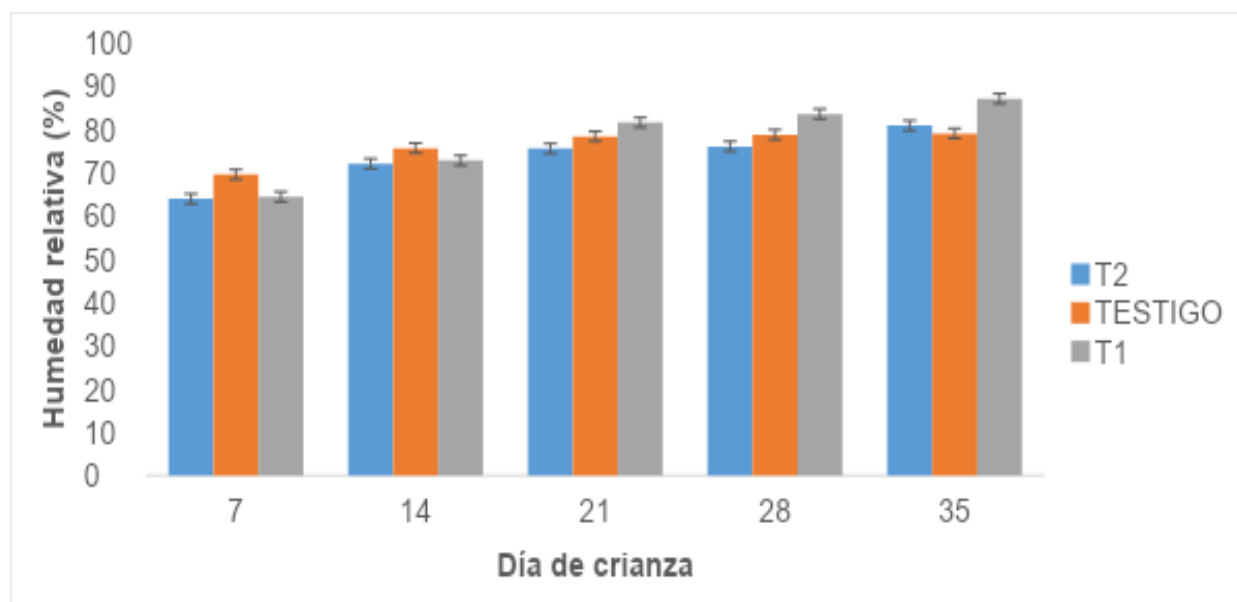
Mejía (2012), manifiesta que el amoniaco es un agente nocivo para la salud de las aves, lo cual se atribuye a un desequilibrio en el ambiente del galpón como en cuanto a temperatura, humedad relativa, oxígeno y NH_3 . Por lo tanto, es probable que los resultados obtenidos en este ensayo, a las condiciones controladas con las que contó cada galpón.

Según Swelum *et al.*, (2021), los niveles de NH_3 en los galpones avícolas no deben exceder las 25 ppm porque la productividad de las aves se ve afectada negativamente por encima de este límite, de tal manera que se puede acotar, que, los tres galpones en donde se aplicaron los diferentes tratamientos estuvieron en promedio 15 ppm menos que el promedio sugerido por el autor.

Humedad relativa

Figura 6.

Porcentaje de humedad del ambiente en función de los tratamientos durante los días de estudio.



Nota: El ADEVA para la variable humedad relativa evidencia que hubo efecto de los tratamientos ($p: 0,0115$); $R^2= (0,97)$; $CV= 2,15$.

Con base en el ADEVA, se concluye que la humedad relativa es distinta entre los tratamientos conforme avanzan los días de crianza por la interacción txd ($p: 0,0115$). En la figura 6, se observa que, el nivel más alto al finalizar el ensayo se halló en T1: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, sobre los demás tratamientos, puesto que alcanzó 87%.

Donald (2009) manifiesta que, la humedad relativa durante las dos primeras semanas de crianza debe encontrarse entre 60 a 70%, sin embargo, a medida que los animales crecen esta se eleva. No obstante, si la temperatura y la humedad son elevadas, se producen problemas para expulsar el calor corporal en las aves, comprometiendo su supervivencia.

La humedad relativa está en parte determinada por los niveles de humedad contenidos en la cama de los galpones avícolas, ya sea por una ventilación deficiente, emisiones no deseadas, defecación y bebidas demasiado llenas o en posición baja, lo que en última instancia aumenta los niveles de NH_3 (Swelum *et al.*, 2021). Conforme a Beier *et al.*, (2018), la humedad de la cama debe ser controlada ya que puede fomentar la multiplicación de *Salmonella*, *Campylobacter* y *Listeria spp.* y *Eimeria spp.*, el agente causal de la coccidiosis.

Temperatura ambiental

Figura 7.

Temperatura ambiente durante los días de estudio.



Nota: El ADEVA para la variable temperatura ambiente en relación a los días de crianza. DÍA ($p < 0.0001$); $R^2 = (0,89)$; $CV = 3,97$.

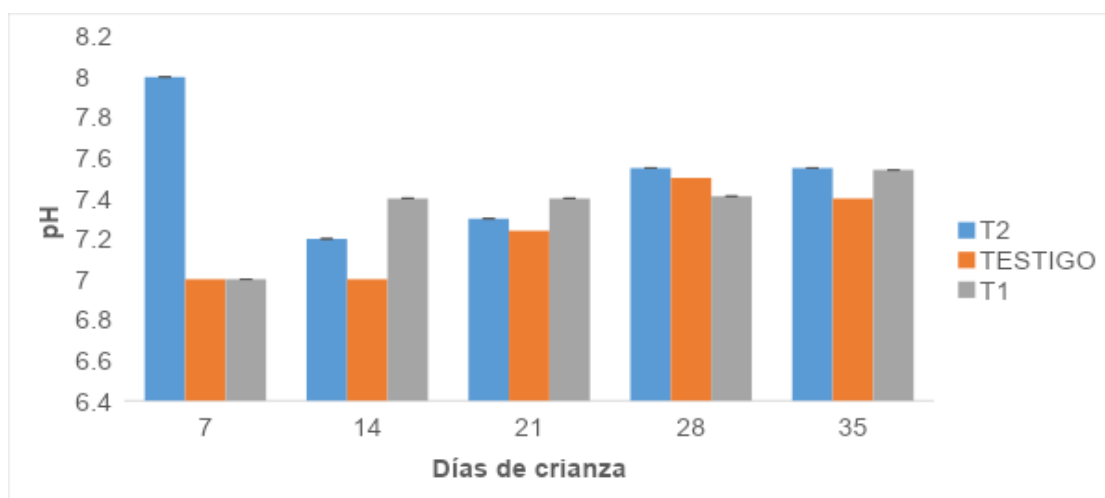
Con base en el ADEVA, se concluye que la temperatura no fue distinta entre los tratamientos ($p: 0,1108$) pero sí hubo el efecto simple de los días de crianza ($p < 0.0001$). En la figura 7, se expone que, la temperatura fue disminuyendo conforme avanzó la crianza de las aves, puesto que inició con un poco más de 33°C y concluyó con 6 °C menos.

Conforme a Donald (2009) la temperatura ambiental recomendada para la primera semana de crianza se encuentra entre 31 y 34°C. Por otra parte, Mendes *et al.*, (2016), el equilibrio entre NH_3 y NH_4 está influenciado especialmente por la temperatura y el pH. La temperatura del aire determina el coeficiente de transferencia de masa por convección, de tal manera que, el calor de la hojarasca interactuará con el NH_3 disociado y difundido continuamente en la hojarasca. Por lo tanto, las temperaturas elevadas son favorables para la generación de NH_3 porque influye en la constante de disociación.

pH de la cama

Figura 8.

pH del material de la cama en función de los tratamientos durante los días de estudio.



Nota: El pH de las camas que se presenta, muestra el comportamiento durante el desarrollo con un ($p < 0.0001$).

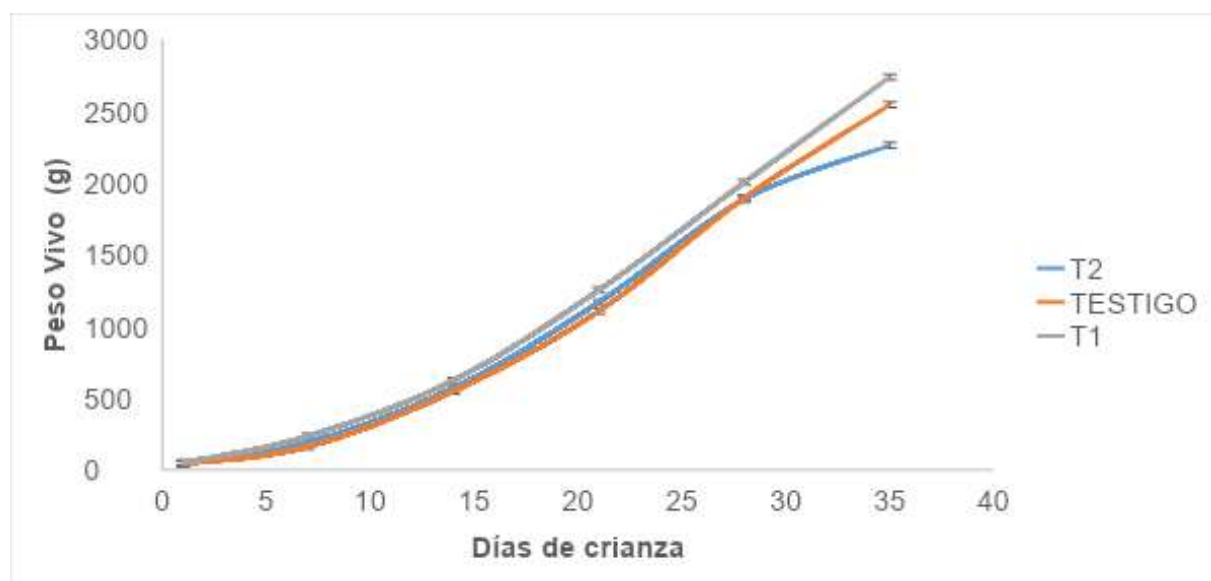
Con base en el ADEVA, se concluye que el pH es distinto entre los tratamientos, pero en dependencia de los días de crianza Txd ($p < 0.0001$). En la figura 8, se muestra un pH superior en T1: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* con 1 sobre los demás tratamientos. No obstante, con el transcurso de los días este se incrementó para finalizar con una diferencia de 0,20 puntos.

Jaramillo (2017) a los 35 días obtuvo un rango de pH entre 8,69 y 8,89 entre sus tratamientos evaluados; valores que son superiores a los hallados en este estudio. El pH de la cama es un factor importante que regula la volatilización del NH_3 porque especifica la proporción de amonio volátil (NH_4)/ NH_3 entre sus formas iónica y no volátil. Cuando el pH es cercano a 7, comienza la emisión de NH_3 y aumenta significativamente cuando el pH es superior a 8 (Swelum *et al.*, 2021). Por lo cual, se puede manifestar que los valores obtenidos en los tratamientos aplicados se encuentran dentro de un rango aceptable.

Variables productivas

Figura 9.

Influencia de los tratamientos en el peso vivo de los pollos conforme al transcurso de los días.



Nota: El ADEVA para el peso vivo de acuerdo a los tratamientos demuestra que existió efecto ($p: <0.0001$); $R^2= (0,98)$; $CV= 12,38$.

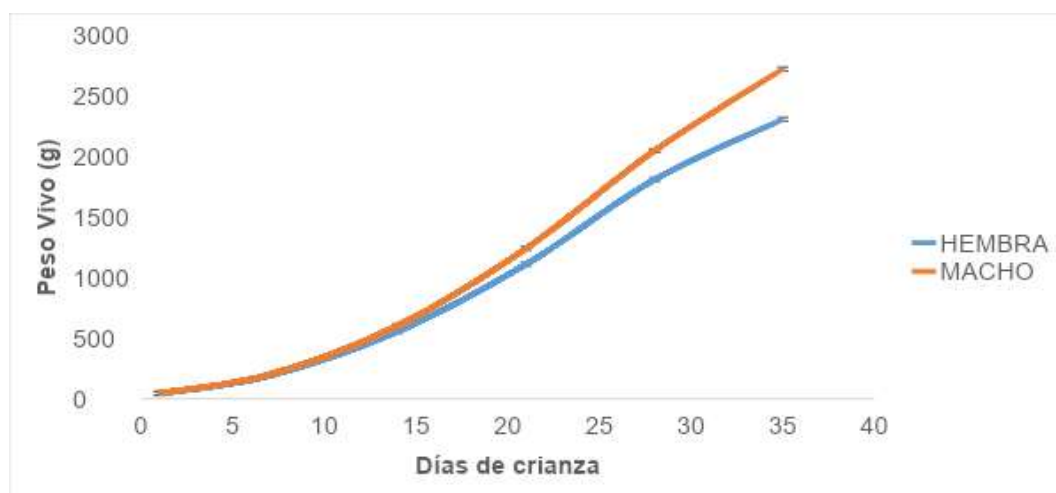
Con base en el ADEVA, se concluye que el peso vivo (g) es distinto entre los tratamientos, pero se modifica con los días de crianza Txd ($p:<0.0001$). En la figura 9, se observa que el peso vivo de los pollos del galpón T1: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* presentó 10% y 27% mayor peso que el testigo y T2 al finalizar los 35 días del ensayo.

Según Zambrano (2013) el peso vivo de los pollos Broiler está sujeto a diversos factores tales como: las condiciones ambientales del galpón, la raza, la nutrición y el manejo que se da en la explotación.

Jaramillo (2017) en su estudio obtuvo valores cercanos a 2500 gramos entre todos los tratamientos estudiados, incluyendo la aplicación de microorganismos eficientes; dichos valores son 10% inferiores a los obtenidos en la presente investigación. No obstante, Figueroa *et al.*, (2005), manifiestan que las condiciones de confort que genera un ambiente controlado priman siempre ya que, los autores en mención reportaron una ganancia de 309 g en un ambiente controlado versus un ambiente convencional.

Figura 10.

Influencia del sexo y el transcurso de los días en el peso vivo de los pollos.



Nota: El ADEVA para el peso vivo demuestra que existió efecto en la interacción de los días x el sexo ($p < 0.0001$); $R^2 = (0,98)$; $CV = 12,38$.

Con base en el ADEVA, se concluye que el peso vivo (g) entre machos y hembras es distinto, pero interactúa con los días de crianza Sxd ($p < 0.0001$). En la figura 10, se observa que los pollos machos presentaron 17% mayor peso vivo a partir de los 21 días hasta al finalizar el ensayo, con un promedio de 2724 g; es decir, que tienen una ventaja de 458 g sobre las hembras.

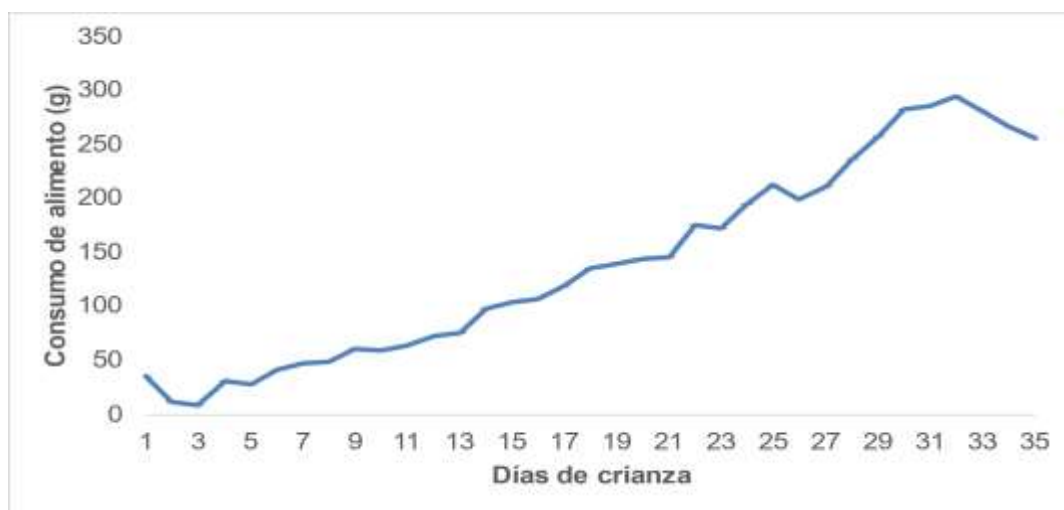
El peso de los machos no difiere de manera contundente sobre la edad de la línea genética, ya que ésta se situó en 2694 g. Sin embargo, para las hembras, esta cantidad fue inferior, ya que lo normal para la raza es de 2348 g en esa edad (Cobb, 2022).

La diferencia de pesos es una condición natural puesto que, los machos tienen un esqueleto más grande que el de las hembras; no obstante, este factor también depende del manejo puesto que, se recomienda utilizar 1 pollo macho por cada 8 a 10 hembras, con la intención de maximizar la producción de carne en el galpón (Cobb, 2022).

Consumo de alimento

Figura 11.

Consumo diario de alimento por ave.



Nota: El ADEVA para la variable: consumo de alimento diario; demuestra que existió efecto en los tratamientos ($p: <0.0001$); $R^2= (1)$; $CV= 7,40$.

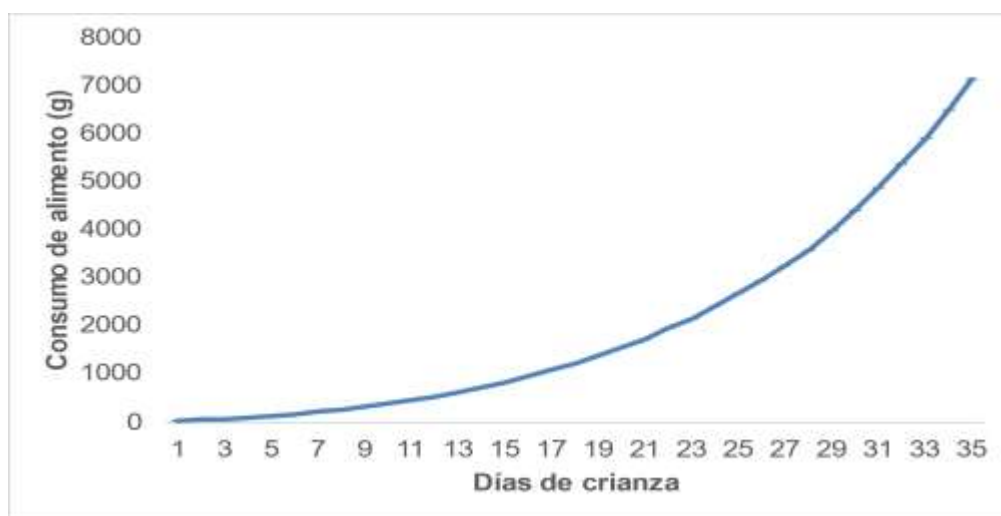
Con base en el ADEVA, se concluye que el consumo de alimento (g) es distinto debido al efecto simple de los días de crianza ($p<0.0001$). En la figura 11, se observa que, el consumo de alimento tuvo una caída sustancial a los 3 días con alrededor de 27 g con respecto a los 35,73 g consumidos a la llegada de los pollitos; no obstante, los valores tendieron a incrementarse con el tiempo. Sin embargo, el pico más alto se produjo en el día 32 con 294,50 g, mismos que en el día 35 se redujeron en 38 g.

La primera caída en el consumo alude a un período de adaptación en la dieta, puesto que los pollitos bebé tienden a consumir mayores cantidades de agua por la deshidratación sufrida durante el transporte y aprenden a consumir la dieta proporcionada en la explotación (Díez, 2020).

Además, cuando los pollos crecen su capacidad para ingerir grandes cantidades de alimento se va reduciendo, ya que, a su vez, también disminuye el espacio disponible en el tracto digestivo por el crecimiento de los órganos y tejidos internos (Itani & Svihus, 2019).

Figura 12.

Consumo diario de alimento acumulado por ave.



Nota: El ADEVA para la variable: consumo de alimento acumulado; demuestra que existió efecto en los días. ($p < 0.0001$); $R^2 = (1)$; CV= 4,60.

Con base en el ADEVA, se concluye que el consumo de alimento acumulado (g) es distinto debido al efecto simple de los días de crianza ($p < 0.0001$). En la figura 12, se observa que, el consumo de alimento se incrementa del día 1 al 35 en 101 veces.

En las primeras semanas de vida, los pollos tienen un crecimiento acelerado y un mayor requerimiento de alimento para satisfacer las demandas de energía y nutrientes necesarios para el desarrollo del cuerpo, órganos y tejidos (Abdollahi & Ravindran, 2021).

El tracto digestivo de las aves tiene un corto tiempo de retención por lo cual, permite un alto consumo de alimento a pesar de las limitaciones de volumen del sistema digestivo (Itani & Svihus, 2019).

Conversión alimenticia

Tabla 10.

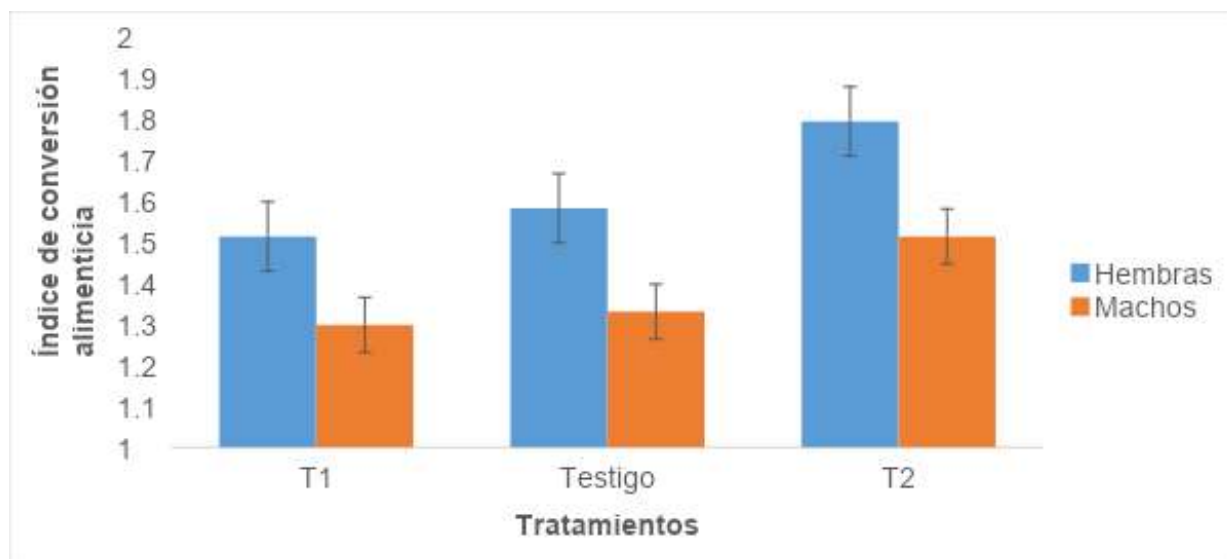
Conversión alimenticia de machos y hembras por tratamiento.

Tratamientos	Machos	Hembras
T1	1,299	1,515
Testigo	1,331	1,584
T2	1,515	1,796

En la tabla 10 se detallan los índices de conversión alimenticia para machos y hembras de acuerdo con los tratamientos aplicados, siendo T2: *Paecilomyces* + *Bacillus subtilis* el que mayor índice presentó en ambos casos con 1,515 para machos y 1,796 para hembras.

Figura 13.

Índice de conversión alimenticia para machos y hembras.



Nota: El índice de conversión alimenticia que se presenta; demuestra el comportamiento que se dio entre machos y hembras de acuerdo con los tratamientos.

En la figura 13, se observa que T1: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* obtuvo el índice más bajo de conversión alimenticia tanto en hembras (1,515) como en machos (1,299).

Hoyos *et al.*, (2008) reportaron una conversión alimenticia de 1,6 con la utilización de los microorganismos eficientes en machos, mientras que en hembras se reportó un índice de 1,71; valores que son superiores al obtenido por T1, el testigo y T2, sólo en el caso de los machos.

La aplicación de microorganismos eficientes tiende a mejorar la conversión alimenticia en aves de engorde cuando estos se crían en conjunto; esto ocurre debido su potencial probiótico de *B. subtilis*, puesto que, regulan la microestructura intestinal e incrementa la inmunidad contra la inflamación intestinal y las enfermedades infecciosas. Además, activan las enzimas digestivas

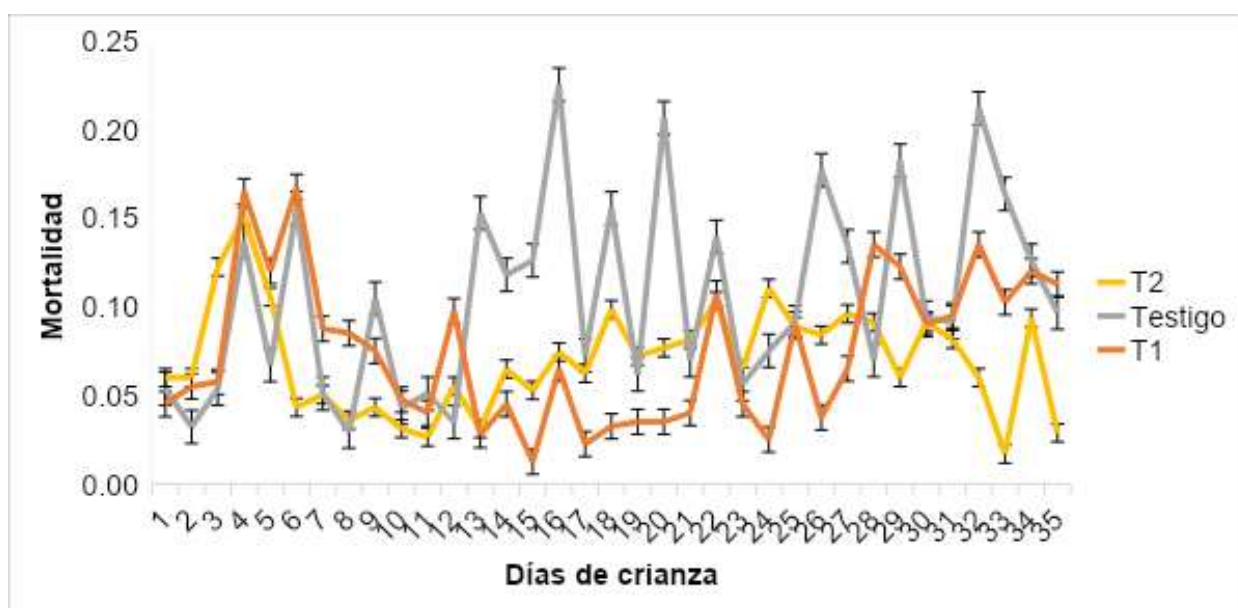
intestinales, aumentando la solubilidad de los minerales y la absorción de nutrientes (Cheng *et al.*, 2021).

La reducción en el consumo se distingue porque a medida que los pollos de engorde crecen, su tasa metabólica cambia, mientras que la tasa de crecimiento disminuye. Alrededor de los 35 días, el crecimiento se ralentiza y, por lo tanto, el requerimiento de alimento también empieza a bajar (Abdollahi & Ravindran, 2021).

Porcentaje de mortalidad

Figura 14.

Porcentaje de mortalidad diaria en los galpones.



Nota: El ADEVA para la variable: porcentaje de mortalidad diaria en los galpones; demuestra que existió efecto en los tratamientos ($p: 0,130$); $R^2= (1)$; $CV= 38,35$.

Con base en el ADEVA, se concluye que el porcentaje de mortalidad no es distinto debido al efecto simple de los días de crianza ($p: 0,130$). En la figura 14, se observa que el porcentaje de mortalidad diaria fue superior en el testigo, puesto que alcanzó valores cercanos a 0,25%

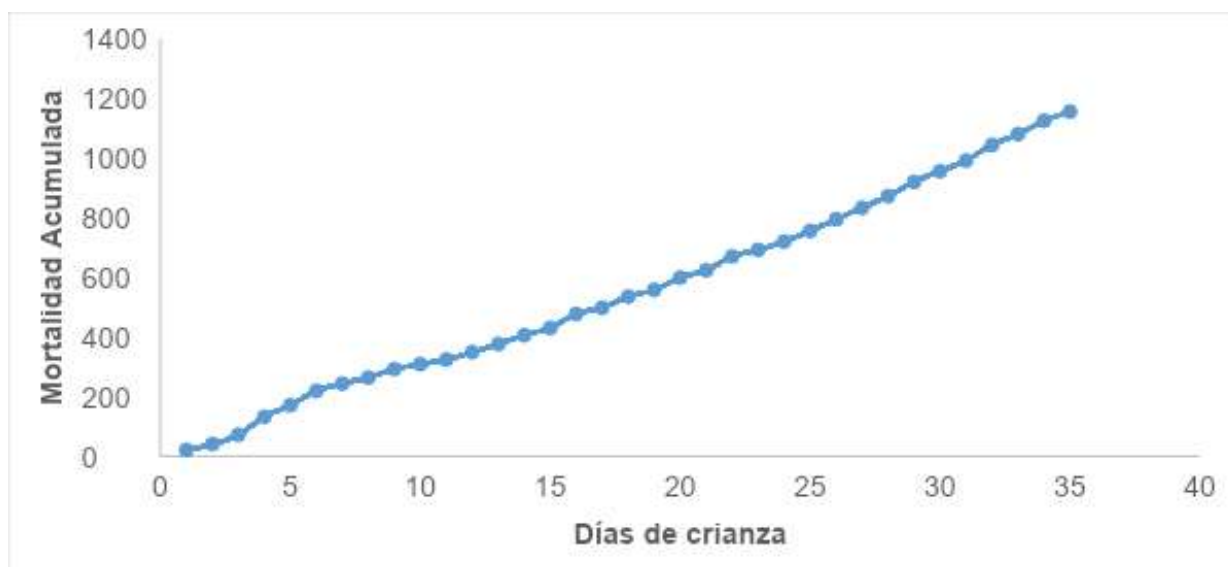
aves en el día 16 y a 0,21% aves en los días 20 y 32. Mientras que, T1: *Trichoderma* + *B. subtilis* obtuvo el mayor pico de mortalidad a los 4 y 6 días (0,15%), sin embargo, T2: *Paecilomyces* + *B. subtilis* demostró picos de mortalidad más reducidos.

Con respecto a esta variable, Jaramillo (2017) reportó el 7% de mortalidad en el Testigo y 6% en el tratamiento donde aplicó los microorganismos eficientes; dichos valores superan a los obtenidos en este estudio, puesto que en ninguno de los galpones se determinó valores de esta magnitud, ya que no superaron el 4%.

Sin embargo, el porcentaje de mortalidad puede variar según las condiciones específicas de cada granja y las prácticas de manejo empleadas. Además, la mortalidad en las aves también puede estar influenciada por factores como la genética, el manejo de la granja, el programa de alimentación, el control de enfermedades y otros aspectos del ambiente (Llonch *et al.*, 2020). Por lo cual, estos resultados pueden haber estado influenciados por el ambiente controlado del plantel avícola.

Figura 15.

Mortalidad diaria acumulada.



Nota: El ADEVA para la variable: porcentaje de mortalidad acumulada; demuestra que existió efecto en los días acumulados ($p: <0,0001$); $R^2= (1)$; $CV= 15,91$.

Con base en el ADEVA, se concluye que el porcentaje de mortalidad acumulada es distinto debido al efecto simple de los días de crianza ($p<0,0001$). En la figura 15, se observa el comportamiento de la mortalidad acumulada en los galpones, que se incrementó en 55 veces del día 1 al 35.

Llonch *et al.*, (2020), manifiestan que la mortalidad acumulada tiende a incrementarse con el tiempo debido a diversos aspectos internos y externos; no obstante, el porcentaje ideal al final del ciclo de engorde puede ubicarse entre 2 y 2,5%, pero el máximo puede llegar entre 4 a 5% (Buitrago, 2006).

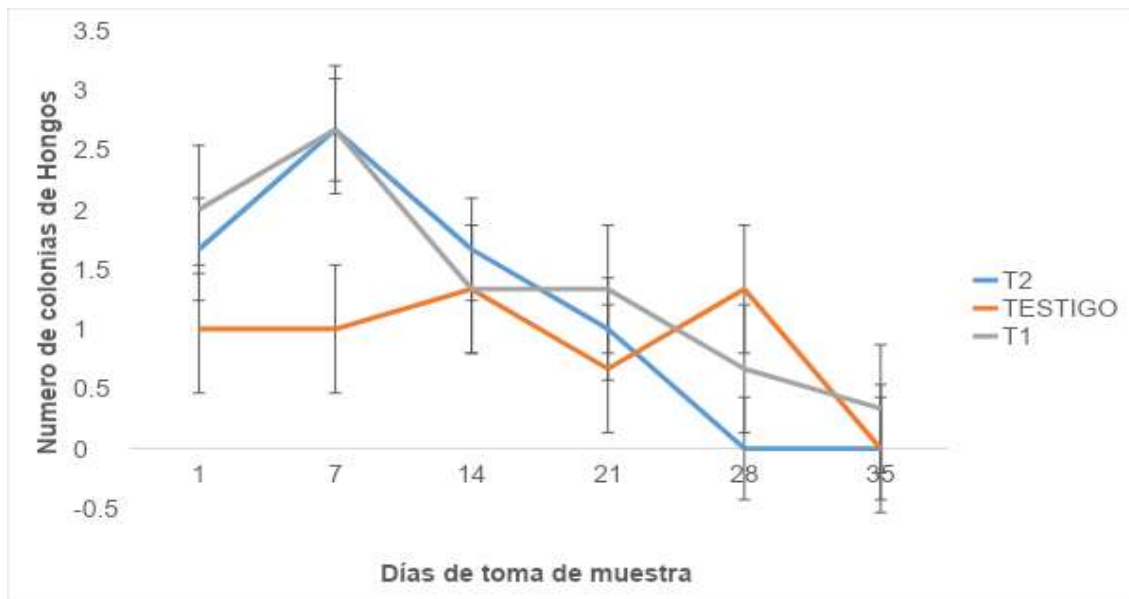
En el estudio realizado, la mortalidad no supera el 4% por lo que se puede considerar que los galpones tienen un nivel aceptable en cuanto a esta variable.

Variables microbiológicas

Recuento de colonias: hongos y bacterias

Figura 16.

Recuento de las unidades formadoras de colonias de hongos presentes en las camas durante el desarrollo del estudio.



Nota: La prueba Kruskal-Wallis; demuestra el comportamiento de los hongos en función del paso del tiempo de acuerdo a los tratamientos aplicados con un efecto significativo ($p: 0,0293$).

Con base a la prueba Kruskal-Wallis, en la figura 16, durante el DÍA 1: la cama estuvo intacta desde la última crianza, se determinó la presencia de hongos (*Rhizopus spp.* y *Mucor spp.*); en el día 7: se llevó a cabo la desinfección y la primera inoculación por lo que se presenta un declive en la población para el día 14, donde se llevó a cabo la segunda inoculación (declive de las colonias de hongos en T2 y Testigo, pero se incrementan en T1). En el día 21, se realizó la tercera inoculación; mostrándose la reducción de los microorganismos patógenos en testigo (*Rhizopus spp.* o *Mucor spp.*) y T2, pero se mantuvieron en T1. En el día 28: se llevó a cabo la cuarta inoculación, por lo que se muestra la reducción de hongos en T1 y T2, no obstante, estos incrementaron en el testigo. Finalmente, al día 35: se realizó la última inoculación, por lo cual, se redujeron las colonias en el testigo debido al manejo del galpón.

Según Encalada (2011), los materiales como la cascarilla de arroz tienen una baja capacidad para absorber la humedad, por lo que, en estas condiciones se puede establecer un hábitat propicio para el desarrollo de microorganismos patógenos como *Aspergillus fumigatus*

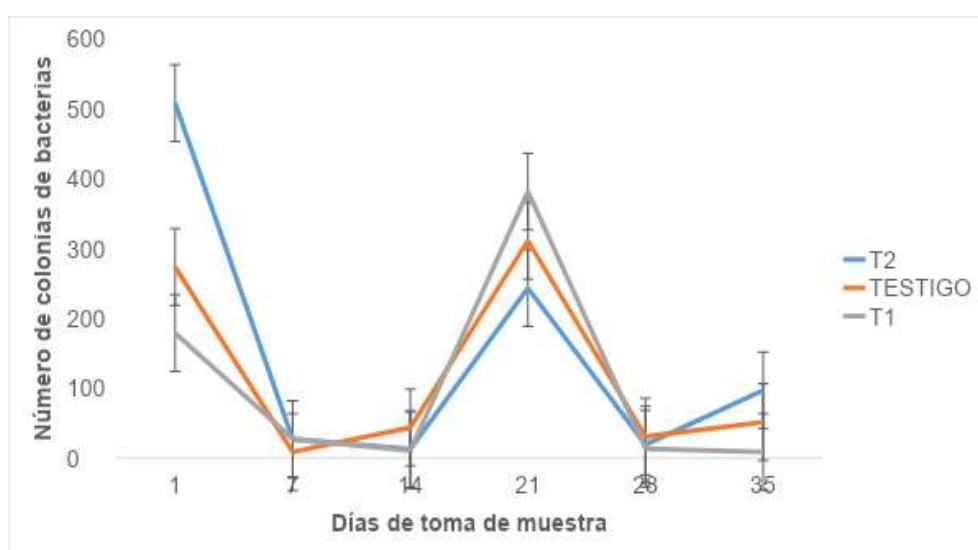
Aspergillus flavus, *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Penicillium griseofulvum* y *Mucor racemosus*.

Por otra parte, *B. subtilis* en el estudio de Eroshin *et al.*, (2021) donde se evaluó la actividad de esta bacteria contra micromicetos por el método de bloque de agar, demostró su efecto antagonista reduciendo el crecimiento de *Mucor spp.*, de 1,10 a 1,39 mm de diámetro, esto ocurre debido a los compuestos orgánicos que secreta *B. subtilis* tales como la iturina, bacilomicina D, micosubtilina y surfactina, las cuales actúan mediante procesos osmóticos, incrementando la permeabilidad de la membrana, y posteriormente solubilizando, ya que se observó la hinchazón de hifas, vacuolización extensa y presencia de células sin citoplasma.

Además, también se ha identificado la acción antagonica de *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento del micelio, la esporulación y la elongación del tubo germinativo de *Rhizopus stolonifer* con una tasa de inhibición del 86,5 % y 97,42 %, respectivamente, tasa de germinación de esporas del 20 % bajo una concentración de cepa antagonista de 10^8 UFC/mL, conforme a Bier *et al.*, (2011).

Figura 17.

Recuento de las unidades formadoras de colonias bacterianas presentes en las camas durante el desarrollo del estudio.



Nota: La prueba Kruskal-Wallis, demuestra el comportamiento de las bacterias en función del paso del tiempo de acuerdo a los tratamientos aplicados con efecto significativo ($p: 0,0001$).

Con base a la prueba Kruskal-Wallis, en la figura 17, al día 1: la cama posee las mismas condiciones de la última crianza (presencia de *Staphylococcus* "gram positivas"), al día 7: se terminó con el ciclo de desinfección y se realizó la primera inoculación (Baja presencia de organismos antes mencionados). En el día 14: se llevó a cabo la segunda inoculación (crecimiento de microorganismos eficientes- *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Bacillus*). En el día 21: Tercera inoculación, se incrementó los microorganismos eficientes y patogénicos en el testigo; pero al día 28: con la cuarta inoculación se originó un declive de las bacterias debido al manejo del galpón; produciéndose a los 35 días la última inoculación.

En camas tratadas de manera convencional los microorganismos comúnmente reportados en cuanto a bacterias son, *Salmonella sp.*, *L. monocytogenes*, *Staphylococcus sp.*, *Enterococcus sp.*, *C. perfringens* y *Campylobacter sp.* No obstante, las poblaciones pueden variar en función de la edad de los pollos puesto que, con su desarrollo, se da una mayor descomposición de la cama de los animales (Díaz, et al., 2022).

Conforme al estudio de Almeida *et al.*, (2022) los extractos obtenidos a partir de *Paecilomyces spp.*, como phomoxanthona A, phomoxantona B y dicerandrol B poseen efecto inhibitorio contra Bacterias como *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella typhimurium*.

Análisis económico

Tabla 11

Análisis económico de los tratamientos evaluados.

Descripción	Costo (\$)/Hora	Nº Horas	Nº Jornales	Cantidad Total	Costo Total (\$)	Total por tratamiento		
						T1	Testigo	T2
Volteo de camas con motocultor		252	12,6		630	210,00	210,00	210,00
Aplicación de producto	2,5	40	2		100	50,00		50,00
Toma de muestras		15	0,75		37,5	12,50	12,50	12,50
Trichoterra				3	12,5	12,50		
Fortiterra				3	18			18,00
Ferticillus S				5	12,5	6,25		6,25
Costo de producción (\$)/tratamiento						291,25	222,50	296,75
Número de aves/galpón						40000,00	37300,00	41700,00
Mortalidad (%)						3,50	4,00	3,40
Aves (total/tratamiento)						38600,00	35808,00	40282,00
Peso vivo promedio (kg)/galpón						2,74	2,55	2,26
Kilogramos de carne/galpón						105736,98	91188,65	91198,90
Peso promedio (lb)/tratamiento						233109,86	201036,33	201058,92
Precio de la libra al saque (\$)							0,83	
Ganancia bruta (\$)/tratamiento						193481,18	166860,15	166878,90
Ganancia neta (\$)/tratamiento						\$193.189,9	\$166.637,6	\$166.582,1
Relación B/C						3	5	5
						\$663,31	\$748,93	\$561,36

En la tabla 11 se observa que los costos de producción para cada tratamiento se situaron en \$291,25 para T1, mientras que para el Testigo y T2 se obtuvo \$222,50 y \$296,75 respectivamente. Por lo cual, considerando el peso por libra al saque (\$ 0,83) la ganancia neta por tratamiento fue de \$193189,93 en T1, \$ 166637,65 en el testigo y \$166582,15 en T2; de tal

manera que, por cada dólar invertido el testigo se obtuvo \$748,93 valor que fue más alto que T1 (\$85,62) y T2 (\$187,58).

Implicaciones

El estudio sobre el efecto de microorganismos eficientes en los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde en un ambiente controlado durante 35 días presenta importantes implicaciones y perspectivas de aplicación en la industria avícola. Los resultados obtenidos ofrecen información valiosa sobre la influencia de los microorganismos eficientes en diversos aspectos del proceso de crianza y manejo avícola, puesto que, pueden representar una estrategia de manejo ambiental más sostenible, debido a que reducen la necesidad de utilizar productos químicos para el control de patógenos y olores, así como la mejora en el uso de los recursos alimenticios.

Los resultados muestran que la utilización de microorganismos eficientes, especialmente en el tratamiento T1 (*Trichoderma spp.* + *Bacillus subtilis*), en condiciones de ambiente controlado reducen significativamente los niveles de amoníaco. Por lo cual, la adopción de estos microorganismos podría mejorar la calidad del aire en los galpones y reducir los problemas respiratorios y de salud asociados.

Además, la diferencia de peso obtenida entre los tratamientos sugiere que la introducción de microorganismos eficientes puede influir positivamente sobre el crecimiento y desarrollo de las aves, a través de la disponibilidad y digestibilidad de los nutrientes en la dieta, lo que, a su vez, podría tener un impacto directo en la producción de carne de aves de engorde.

Además, se evidenció el control de microorganismos patogénicos como *Rhizopus spp.* y *Mucor spp.* mediante la aplicación de *Trichoderma spp.* y *B. subtilis* por lo cual, estos microorganismos pueden contribuir a prevenir o reducir la presencia de enfermedades asociadas a la mucormicosis, infecciones del tracto gastrointestinal y de las vías respiratorias.

Capítulo VI

Conclusiones

Se concluye que, la acción de los microorganismos eficientes influye sobre los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde en ambiente controlado.

La aplicación de microorganismos eficientes disminuyó la concentración de amoníaco con T1: *Trichoderma* + *B. subtilis*, con valores cercanos a 10 ppm, así como también en los niveles de humedad relativa que tuvo un comportamiento similar a la del testigo.

En cuanto a las variables productivas, se determinó la influencia de los tratamientos; puesto que, con T1: *Trichoderma* + *B. subtilis*, se obtuvieron valores superiores a 2700 g con índices de conversión alimenticia reducidos, tanto en machos (1,299) como en hembras (1,515). Además, se identificó una tasa de mortalidad más baja en T2: *Paecilomyces* + *B. subtilis*. En cuanto al consumo de alimento, este estuvo influenciado por la edad de los animales.

El recuento de hongos (UF/ml) y bacterias (UFC/ml), en el primer caso estuvo influenciado por el tiempo, puesto que estos se redujeron T2: *Paecilomyces* + *B. subtilis*, igualándose al testigo (9 UF/ml). Mientras que, para las bacterias, las UFC/ml se incrementaron mayoritariamente en T1 (43,83 UFC/ml) a los 21 días, mientras que en T2 se reflejó una mayor concentración en el día 1, esto ocurrió probablemente por las aplicaciones del producto, en el caso de T2.

En el análisis B/C se determinó que, aunque los tratamientos orgánicos, tuvieron menor mortalidad, el testigo resultó ser más rentable con un beneficio de \$17,62 y \$38,59 más que T1 y T2, ya que obtuvo un beneficio de \$153,30 por cada dólar invertido.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar T1: *Trichoderma* + *B. subtilis*, como una alternativa para reducir los niveles de amoníaco en la crianza de aves de engorde bajo ambiente controlado.

El control de los parámetros ambientales debe llevarse a cabo porque es fundamental para reducir los niveles de mortalidad en las aves de engorde.

Se recomienda realizar análisis microbiológicos diferenciales para determinar la presencia de microorganismos patógenos en las camas de los pollos broiler.

La aplicación de T1: *Trichoderma* + *B. subtilis*, podría ser una alternativa rentable para la producción de carne de pollo orgánica.

Bibliografía

- Abdollahi, M., & Ravindran, V. (2021). Nutrition and Digestive Physiology of the Broiler Chick: State of the Art and Outlook. *Animals*, 11(10), 2795. <https://doi.org/10.3390/ani11102795>
- Aggarangsi, P., Chaitano, N., & Nitayavardhana, S. (2021). Improvement of solid-state anaerobic digestion of broiler farm-derived waste via fungal pretreatment. *Bioresource Technology*, 332, 125146. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125146>
- Almeida, F., Almeida, L., Calabrese, K., Da Costa, G., De Sousa, J., Do Rosario, A., . . . Silva, J. (2022). Phomoxanthone A, compound of endophytic fungi *Paecilomyces* sp. and its potential antimicrobial and antiparasitic. *Antibiotics*, 11. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11101332>
- Anand, S., Amosa, F., Diarra, S., & Lameta, S. (2021). Alternative Bedding Materials for Poultry: Availability, Efficacy, and Major Constraints. *Frontiers in Veterinary Sciences*, 8, 669504. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.669504>
- Arana, I., Orruño, M., & Barcina, I. (2019). COMO ABORDAR Y RESOLVER ASPECTOS PRÁCTICOS DE MICROBIOLOGÍA. En M. O. Inés Arana, & U. d. Unibertsitatea (Ed.), *COMO ABORDAR Y RESOLVER ASPECTOS PRÁCTICOS DE MICROBIOLOGÍA*. Retrieved 26 de Julio de 2023, from https://ocw.ehu.eus/file.php/48/Tema_1._Diluciones_y_concentraciones.pdf
- Arellano. (2014). Conservación de la calidad de la cama en la crianza de pollos. *Sitio argentino producción animal*. Retrieved 4 de Abril de 2023, from https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/101-conservacion_cama.pdf

- Aviagen. (2018). *Manual de manejo de Pollos de engorde*. Retrieved 21 de Abril de 2023, from https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AA-BroilerHandbook2018-ES.pdf
- Baduy, A., Cárdenas, E., & Mero, U. (2022). Producción avícola y su incidencia en el desarrollo económico del cantón Olmedo, provincia de Manabí. *Journal Business Science*, 3(2), 43-61. https://doi.org/https://revistas.ulead.edu.ec/index.php/business_science
- Beier, R., Crippen, T., & Sheffield, C. (2018). Multi-microbial compounds eliminate or reduce Salmonella Typhimurium from one-third of poultry liter samples within 8 days. *Research Journal of Poultry Sciences*, 11, 5-8. <https://doi.org/10.36478/rjpscience.2018.5.8>
- Bellés. (2011). Normativa ávcola Europea. aeca. Retrieved 20 de Abril de 2023, from [://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/Normativa%20Avicola%](http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/Normativa%20Avicola%20)
- Bie, X., Lu, Z., Lv, F., Wang, Y., Zhao, H., Zhou, X., & Zhaoxin, L. (2011). Antagonistic Action of Bacillus subtilis Strain fmbj on the Postharvest Pathogen Rhizopus stolonifer. *Journal of Food Science*, 76(5), 254-259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02160.x>
- Borsoi, A., Ospina, M., Peñuela, L., & Varon, M. (2021). Cama de aves de corral un factor importante en la seguridad alimentaria. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 234-250. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1451>
- Bueno, Soria, Genta, Procura, & Rodriguez. (2016). Cama de pollos entre Ríos:Aporte para su uso y manejo. https://doi.org/ttps://doi.org/https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/113210/CONICET_Digital_Nro.6f3732a8-198b-4d68-a236-8474933d4690_b.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- Buitrago, L. (18 de agosto de 2006). *Mortalidad en los pollos de engorde*. Engormix: https://www.engormix.com/avicultura/transporte-traslado-aves/mortalidad-pollos-engorde_f4698/#:~:text=Como%20esto%20%C3%BAltimo%20es%20una,m%C3%A1xima%20de%204%20o%205%20.
- Cervera, S. A. (2011). *PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGÍA* (2 ed., Vol. 1). (U. d. Rioja, Ed.) Retrieved 26 de Julio de 2023, from file:///C:/Users/Welcome/Downloads/Dialnet-PracticasDeMicrobiologia-100835.pdf
- Cheng, H., Jiang, S., Hu, J., Mohammed, A., & Yan, F. (2021). Bacillus subtilis-Based Probiotic Improves Skeletal Health and Immunity in Broiler Chickens Exposed to Heat Stress. *Animals (Basel)*, 11(6), 1494. <https://doi.org/10.3390/ani11061494>
- Cobb. (2019). Manual de manejo de pollos. *Biolaalimentar*. Retrieved 23 de Abril de 2023, from https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/ec35b0ab1e/Broiler-Guide-2019-ESP-WEB_2.22.2019.pdf
- Cobb. (2022). *Cobb500 pollo de engorde. Suplemento Informativo sobre Rendimiento y Nutrición*. Cobb. https://doi.org/https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/232e88a842/Cobb500-Broiler-Supplement_Spanish.pdf
- Cohuo, Ruíz, Hernandez, Hidalgo, & Velasco. (Octubre de 2016). El amoniaco en las explotaciones avícolas efecto sobre las aves y el ambiente. *Medio ambiente y desarrollo sustentable*. Retrieved 21 de Abril de 2023, from http://www.labamerex.com/images/El_amoniacoen_las_explotaciones_avicolas.pdf
- Cuéllar. (2020). Ventilación en la avicultura. *Veterinaria digital*. Retrieved 23 de Abril de 2023, from <https://www.veterinariadigital.com/articulos/ventilacion-en-avicultura-en-que-consiste/>

- Dai, Z.-B., Wang, X., & Li, G.-H. (2020). Metabolitos secundarios y sus bioactividades producidos por *Paecilomyces*. *Molecules*, 25(21).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25215077>
- Dias, M., Cervantes, R., Gomes, B. P., & Viegas, C. (2022). Microbial Contamination of Bedding Material: One Health in Poultry Production. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 16508. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416508>
- Dibico. (2021). *Medios de Cultivo Deshidratados y Preparados para Microbiología*. Mexico. Retrieved 26 de Julio de 2023, from <https://www.dibico.com/wp-content/uploads/2021/11/Cata%CC%81logo-DIBICO-2021-S.pdf>
- Díez, D. (2 de abril de 2020). *Manejo de broilers en fase de inicio*. Veterinaria Digital: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/manejo-de-broilers-en-fase-de-inicio/>
- Donald, J. (2009). *Manejo del Ambiente en el galpón de pollo de engorde*. Aviagen. https://doi.org/https://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Aviagen-Manejo-Ambiente-Galpón-Pollo-Engorde-2009.pdf
- Duchman, B. (2019). Temperaturas óptimas en la crianza de pollos de engorde. <https://doi.org/https://avicultura.com/lo-que-hay-que-saber-del-control-ambiental-en-avicultura/>
- Encalada, M. (2011). Detección de hongos en la cama avícola, causantes de micosis en los pollos de ceba. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(6), 1-21. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/636/63622160003.pdf>
- Eroshin, A., Idiyatov, I., Tremasova, A., Yusupov, S., & Zdoroveva, E. (2021). Endophytic isolates of *Bacillus subtilis*: prospects of application for improving the quality of food raw materials. *Volga Region Farmland*, 953, 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/953/1/012024>

- Fernández. (2015). *Tesis*. Retrieved 4 de Abril de 2023, from https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/38420/TD_GretelBurguet.pdf?sequence=1
- Figueroa, R., Oliveros, Y., Ramírez, R., & Trujillo, V. (2005). Evaluación de algunos parámetros productivos en condiciones ambientales controladas y sistema convencional en una granja comercial de pollos de engorde. *Revista Científica*, 15(1), 49-56. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/959/95915108.pdf>
- Gavira, A., Huertas, V., Dianez, F., Montesinos, B., Sánchez, & Santos, M. (2020). Paecilomyces y su importancia en el control biológico de plagas y enfermedades agrícolas. *Plants*(12), 1746. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants9121746>
- Gil, E. (31 de Julio de 2017). *Engormix*. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/una-herramienta-tratamiento-camas-t41119.htm>
- Gržinić, G., Piotrowicz-Cieślak, A., Klimkowicz-Pawlas, A., Górny, R., Ławniczek-Wałczy, A., Piechowicz, L., . . . Wolska, L. (858 de 160014 de 2023). Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Science of the Total Environment*, 858(3), 160014. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160014>
- Herrea, J., Rojas, J., & Bolaños, A. (2013). Diagnóstico preliminar de los niveles de emisión de amoníaco y sulfuros de hidrógenos en distintas modalidades de producción en granjas avícolas en Costa Rica. *Revista de ciencias ambientales Tropical Journal of Environmental Sciences*, 46(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.46-2.2>
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L., Garcés, M., Pérez, D., & Mattar, S. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1369-1379. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/693/69311191013.pdf>

- Hoyos, Guzman, Ruiz, & Garces. (18 de Agosto de 2008). Utilidad de los microorganismos eficaces en una explotación avícola de Córdoba:parámetros productivos y control ambiental. *Researchgate* *MVZ* *Córdoba*.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21897/rmvz.397>
- Itani, K., & Svihus, B. (2019). Intestinal Passage and Its Relation to Digestive Processes. *Jornal of Applied Poultry Research*, 28(3), 546-555. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy027>
- Jaramillo, C. (2017). *Alternativas orgánicas para la reducción de amoniaco en la cama para la crianza de pollo de engorde*. Tesis de Pregrado. Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. .
<https://doi.org/http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14237/T-ESPESD-002122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jaramillo, J. S. (Febrero de 2021). *Control de hongos patógenos con Bacillus subtilis y Trichoderma koningiopsis en un cultivo de fresa en condiciones de campo*. Retrieved 20 de Julio de 2023, from <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/30374/Tesis-Jorge%20Salda%c3%b1a%20Jaramillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kristense. (23 de Septiembre de 2019). *Revista de ciencias agrícolas*, 56.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1079/WPS20000018>
- Llonch, P., Manteca, X., & Yerpes, M. (2020). Factors Associated with Cumulative First-Week Mortality in Broiler Chicks. *Animals (Basel)*, 10(2), 310.
<https://doi.org/10.3390/ani10020310>
- Lloor, & Moreira. (Marzo de 2022). Diagnóstico de los niveles de emisión de amoniaco en ganjas de pollos broiler. Calceta, Ecuador . Retrieved 21 de Abril de 2023, from https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1764/1/TIC_MV03D.pdf

Mejía. (2012). Amoníaco. Causante del síndrome de cabeza hinchada? *Patología*. Retrieved 23 de Abril de 2023, from <http://patologiaaviarmidiagnostico.blogspot.com/2012/09/amoniaco-causante-del-sindrome-de.html>

Mendes, L., Tinôco, I., de Fátima-Souza, C., & Saraz, J. (2016). O ciclo do nitrogênio na criação de frangos de corte e suas perdas na forma de amônia volátil: uma revisão. *Pubvet*, 6(20), 1381–1386. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v6n20.1383>

Méndez, J., Flores, M., & Páramo, L. (Diciembre de 2017). AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACILLUS subtilis Y EVALUACIÓN DEL ANTAGONISMO IN VITRO FRENTE HONGOS FITOPATÓGENOS. *Nexo*, 30(2), 96 - 110. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/nexo.v30i2.5530>

Meteobox. (2023). *Meteobox*. (M. Norway, Productor) Retrieved 27 de Julio de 2023, from <https://meteobox.es/ecuador/nuevo-israel/>

Moreno, J. (2018). Determinar la eficiencia de transformación genética mediante el método químico y método físico (Electroporación) a través de la bacteria *Escherichia coli*. . En *Determinar la eficiencia de transformación genética mediante el método químico y método físico (Electroporación) a través de la bacteria Escherichia coli*. (págs. 14-23). Ibarra, Ecuador. Retrieved 3 de Agosto de 2023, from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/218/1/1-TESIS.pdf

Moreta, M. (25 de marzo de 2023). En Ecuador el consumo de carne de pollo aumentó en el 3,14% en el 2022. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/ecuador-consumo-carne-pollo-aumento-2022.html>

- Munguía. (2021). Amoniaco enemigo de la producción avícola. *bmeditores*. Retrieved 4 de 23 de 2023, from <https://bmeditores.mx/avicultura/amoniaco-enemigo-de-la-produccion-avicola/>
- North, & Bell. (1993). *Manual de producción avícola*. México: El manual moderno. <https://doi.org/9789684266117> y [9684266111](https://doi.org/9684266111)
- Oliveira, D. (Septiembre de 2020). Etapas de transformación de nitrógeno en amoníaco en producción de pollos de engorde: fuentes, deposición, transformación, y emisión al medio ambiente. *Scielo*. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v87n214.83318>
- Perdomo, Milan, & Murgia. (Marzo de 2010). Seguridad y uso de Amoniaco. *REDVET*, 11, 3. Retrieved 20 de Abril de 2023, from <https://www.redalyc.org/pdf/636/63613140046.pdf>
- Pereira, & Peñate. (22 de Noviembre de 2016). Uso de microorganismos eficientes para disminuir los niveles de amoniaco en granjas avícolas comerciales. *Unisucre*, 387. Retrieved 4 de Abril de 2023, from <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/395/436>
- Pizarro, N. (2016). *Efecto de la cama con aluminosilicatos en pollos de carne*. Lima Perú. Retrieved 27 de Julio de 2023 , from Campusvirtual.wocculatam.com
- Prá, D. (2010). Camas en pollos de engorde. *Corpomontana*. Retrieved 4 de Abril de 2023, from <http://biblioteca.corpmontana.com/bitstream/123456789/4005/1/11.pdf>
- Ricardo, R. (17 de Septiembre de 2020). *Estudyando*. Retrieved 3 de Agosto de 2023, from *Estudyando*: <https://estudyando.com/dilucion-en-serie-en-microbiologia-calculo-metodo-y-tecnica/>
- Silva. (2018). Técnicas de Fermentación de cama. Aspectos sanitarios. Retrieved 23 de Abril de 2023, from <https://core.ac.uk/reader/45518210>

- Swelum, A., El-Saadony, M., Abd El-Hack, M., Abo, M., Shukry, M., Alhotan, R., . . . El-Tar, K. (2021). Ammonia emissions in poultry houses and microbial nitrification as a promising reduction strategy. *Science of the Total Environment*, 781(10), 146978. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146978>
- Valdés, E. G. (2010). PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGÍA. En E. G. Valdés, *PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGÍA* (pág. 45). Retrieved 26 de Julio de 2023, from <https://www.uib.cat/depart/dba/microbiologia/micro2/practicas.pdf>
- Vásquez. (6 de Febrero de 2020). El Amoniaco en la produccion avícola. *bmeditores*. Retrieved 4 de Abril de 2023, from <https://bmeditores.mx/avicultura/el-amoniaco-en-la-produccion-avicola/>
- Woo, S., Hermosa, R., Lorito, M., & Monte, E. (22 de Noviembre de 2022). Trichoderma : un microorganismo polivalente y beneficioso para las plantas para la agricultura ecosostenible. *Nat Rev Microbiol* 21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41579-022-00819-5>
- Zambrano. (2017). *MANEJO DE CORTINAS PARA MEJORAR EL BIENESTAR*. Tesis , ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ, Calceta. Retrieved 21 de Abril de 2023, from <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/722/1/TMV121.pdf>
- Zambrano, J. (2013). *Alternativas para disminuir la emisión de amoníaco en granjas avícolas en el cantón Balsas*. Tesis de Pregrado. Repositorio de la Universidad de Guayaquil. <https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6126>
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168 - 178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.09.003>