

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**” Efectos de la inclusión del hongo *Ganoderma lucidum*, en el
rendimiento fisiológico del pollo broiler y su implicancia en la
eficiencia productiva – económica ”**

Área de Investigación:
Producción y Bienestar Animal

Autor:
Br. Johnny Anthony Rivasplata Silva

Jurado Evaluador:

Presidente : MV. Mg. Lombardi Pérez, César

Secretario : Ing. Mg Honorio Javes, César

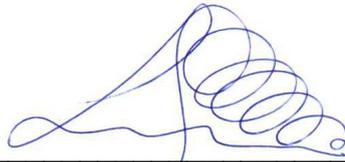
Vocal : MV.Z. Mg. Angélica Huamán, Dávila

Asesor:
Ortiz Tenorio, Luis Abraham
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7990-814X>

**Trujillo – Perú
2021**

Fecha de sustentación: 2021/01/22

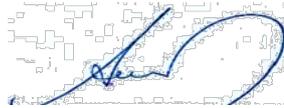
La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



MV. Mg. César Lombardi Pérez
PRESIDENTE



Ing. Mg. César Honorio Javes
SECRETARIO



MV.Z. Mg. Angélica Huamán Dávila
VOCAL



MV. Mg. Luis Abraham Ortiz Tenorio
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por el regalo de la vida, por guiarme cada día y bendecirme para que todo sea posible.

A mi hermosa madre Lucy, por apoyar todos mis proyectos y por su incondicional amor e incansable esfuerzo que me ha permitido convertir este sueño en realidad.

A mis queridas hermanas Diani, Patty, Shivi y Vane, por siempre apoyarme sin condiciones, aun a la distancia, y alentarme a perseguir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la paciencia y fortaleza para culminar esta etapa de la vida y permitirme ver este sueño cumplido.

A mi madre y a mis hermanas que en todo momento me apoyaron y acompañaron incondicionalmente.

A mi profesor, asesor y amigo Mg. Luis Abraham Ortiz por todo el apoyo, orientación, dedicación y tiempo que me ha brindado para la realización del presente trabajo.

A la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Privada Antenor Orrego por permitir mi formación académica y brindarme a través de mis profesores la ayuda, los valores y los conocimientos invaluable e importantes para mi carrera, la vida y mi futuro.

A todos mis amigos y amigas de la universidad, que me dieron su apoyo durante este largo recorrido hasta el día de hoy, con quienes he forjado una amistad para toda la vida.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo.

ÍNDICE

	Páginas
CARÁTULA	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS	ii
DEDICATORIA.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Avicultura y producción de pollo broiler en el Perú	4
2.2. Pollos broiler	6
2.2.1. Fisiología del broiler	7
2.2.2. Susceptibilidad	14
2.2.3. Requerimientos nutricionales	16
2.2.4. Requerimientos metabólicos y energéticos.....	18
2.3. Polisacáridos.....	20
2.4. Hongos basidiomicetos superiores	21
2.4.1. Estudios con basidiomicetos en animales de granja.....	24
2.5. Hongo <i>Ganoderma lucidum</i>	26
2.6. Componentes nutricionales de <i>G. lucidum</i>	28
2.7. Componentes bioactivos de <i>G. lucidum</i>	32
2.7.1. Compuestos terpenoides.....	32
2.7.2. Proteínas	33
2.7.3. Compuestos nitrogenados	33
2.7.4. Carbohidratos: polisacáridos	34

2.7.5. Otros componentes	35
2.8. Estudios con <i>G. lucidum</i> en la industria pecuaria	36
2.9. Parámetros productivos.....	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. Lugar de ejecución	40
3.2. Instalaciones	40
3.3. Animales	41
3.4. Manejo de las aves	41
3.5. Alimentación.....	41
3.5.1. Alimento	41
3.5.2. Agua.....	43
3.5.3. Aplicación del extracto de <i>G. lucidum</i> en el agua de bebida	43
3.6. Toma de muestras	44
3.6.1. Constantes hematológicas	44
3.6.2. Perfil transaminasas	44
3.7. Variable independiente.....	44
3.8. Tratamientos	45
3.9. Variables dependientes	45
3.10. Diseño experimental y análisis estadístico	46
IV. RESULTADOS	47
4.1. Rendimiento productivo.....	47
4.2. Rendimiento fisiológico.....	51
4.3. Eficiencia productiva	53
4.4. Eficiencia económica.....	54
V. DISCUSIÓN.....	55
5.1. Rendimiento productivo.....	55
5.2. Rendimiento fisiológico.....	57
5.3. Eficiencia productiva	59
5.4. Eficiencia económica.....	59
VI. CONCLUSIONES	60

VII. RECOMENDACIONES.....	61
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	62
IX. ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Valores eritrocitarios considerados normales en broilers.	9
Cuadro 2. Valores sérico-enzimáticos considerados normales en broilers.	12
Cuadro 3. Requerimientos nutricionales de los pollos Cobb 500.	17
Cuadro 4. Clasificación taxonómica de <i>G. lucidum</i>	28
Cuadro 5. Composición de carbohidratos.	29
Cuadro 6. Análisis proximal de componentes nutricionales.	29
Cuadro 7. Fórmulas alimenticias para broiler en Avícola Laguna.	42
Cuadro 8. Efecto de <i>Ganoderma lucidum</i> sobre el rendimiento productivo.	47
Cuadro 9. Efecto de <i>G. lucidum</i> sobre el rendimiento fisiológico.	51
Cuadro 10. Efecto de <i>G. lucidum</i> sobre la eficiencia productiva.	54
Cuadro 11. Efecto de <i>G. lucidum</i> sobre el beneficio económico.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Consumo promedio según cada tratamiento (49 días).....	48
Figura 2. Peso corporal según cada tratamiento (49 días).....	49
Figura 3. Ganancia de peso según cada tratamiento (49 días).....	49
Figura 4. Conversión alimenticia según cada tratamiento (49 días).....	50
Figura 5. Mortalidad total según cada tratamiento (49 días).	51
Figura 6. Hemoglobina y Hb diferencial (día 1 - día 50).	52
Figura 7. ALT/GPT y ALT diferencial (día 1 - día 50).	53
Figura 8. AST/GOT y AST diferencial (día 1 - día 50).....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

	Páginas
Anexo 1. Análisis de laboratorio. Promedios (día 1, 8, 29, 42, 50).....	77
Anexo 2. Análisis estadístico de las variables productivas.....	78
Anexo 3. Análisis estadístico de las variables fisiológicas.	80
Anexo 4. Fotos del estudio realizado.	81

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento fisiológico, los parámetros productivos y la rentabilidad económica por efecto de la inclusión del extracto en polvo de *Ganoderma lucidum* en el agua de bebida. Se evaluaron 480 pollos BB Cobb500 de un día de edad durante 49 días bajo condiciones de cría intensiva. Se aplicó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, correspondiendo: T0 (sin extracto), T1 (6 mg/kg), T2 (12 mg/kg) y T3 (18 mg/kg) de peso corporal, durante 7 días consecutivos en las semanas 1, 2, 4 y 6. Se tomaron muestras de sangre, para determinar el perfil metabólico y hematológico en los días 1, 8, 29, 42 y 50 de edad. Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza ANOVA y prueba de Tukey. El efecto positivo de la suplementación del hongo se reflejó sobre los parámetros evaluados en comparación con el control T0. Los mejores resultados los obtuvo T3, mostrando significancia estadística ($p < 0.05$) en peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad, hemoglobina y transaminasas. Se concluye que la inclusión del hongo *Ganoderma lucidum* mejora el rendimiento fisiológico, productivo y económico del pollo broiler.

PALABRAS CLAVES.

Nutrición en pollos, Rendimiento fisiológico del pollo, Eficiencia productiva en aves, Costo-beneficio en aves, *Ganoderma lucidum*

ABSTRACT

The present study aimed to assess the physiological performance, the productive parameters and the economic profitability due to the inclusion of *Ganoderma lucidum* extract powder in the drinking water. 480 one-day-old Cobb500 chicks were evaluated for 49 days under intensive rearing conditions. A Completely Randomized Design was applied with 4 treatments and 4 repetitions corresponding: T0 (no extract), T1 (6 mg/kg), T2 (12 mg/kg) y T3 (18 mg/kg) of body weight for 7 consecutive days in 1st, 2nd, 4th and 6th weeks. Blood samples were collected to determine the metabolic and hematological profile on days 1, 8, 29, 42 and 50 of age. Results were analyzed using the ANOVA analysis of variance and Tukey's test. The positive effect of the mushroom supplementation was reflected on parameters evaluated compared to the control T0. The best results were obtained by T3, showing statistical significance ($P < 0.05$) in body weight, weight gain, feed intake, feed conversion, mortality, hemoglobin and transaminases. It is concluded that the inclusion of *Ganoderma lucidum* mushroom improves the physiological, productive and economic performance of broiler.

KEYWORDS.

Chicken nutrition, Chicken physiological performance, Productive efficiency in poultry, Cost-benefit in poultry, *Ganoderma lucidum*

I. INTRODUCCIÓN

La avicultura es una de las actividades pecuarias con mayor desarrollo tecnológico en genética, nutrición y equipamiento a nivel mundial, lo que permite lograr inocuidad y seguridad alimentaria con la producción de huevos y carne, reflejada en su consumo (Carvajal, 2016). El incremento progresivo de la producción avícola en volumen, se atribuye a la crianza del pollo broiler de alta selección genética (Catalá-Gregori, 2007), constituyéndose América Latina como la región con mayor producción de broiler en el mundo (ALA, 2018); esta corriente mundial ha permitido el crecimiento del sector avícola en el Perú (Asmat, 2018).

Con el desarrollo de las líneas genéticas se ha logrado por medio de selección, que las estirpes de broilers actuales presenten un crecimiento veloz y una mejor conversión alimenticia, logrando una extraordinaria e intensa actividad fisiológica, metabólica y nutricional (Whitehead, 2009). Las funciones de digestión y absorción de nutrientes son esenciales para mantener el alto rendimiento metabólico necesario para su crecimiento (Martínez-Alesón, 2015; Peinado, 2015), exigiendo mayor demanda sanguínea y distribución de oxígeno a los tejidos (Díaz, 2012). Sin embargo, el rápido crecimiento con elevado peso muscular, hace que estas aves se tornen altamente susceptibles a los procesos metabólicos para enfrentar las exigencias de la producción intensiva (Dereser Puyana y Betancourt, 2015; Martínez-Alesón, 2015), además, de alta densidad, concentración de amoníaco, micotoxinas, altas temperaturas, entre otras (Roll, 2010); antecedentes que han generado una serie de modificaciones metabólicas y neuroendocrinas que afectan la homeostasis y producen sensibilidad a los procesos infecciosos (Sandoval y otros, 2003).

La adaptación o ajustes fisiológicos de estas aves producen alteraciones en diversos órganos, baja viabilidad y disminución de su

rendimiento productivo (Sandoval y otros, 2003; Díaz, 2012), causando preocupación en los avicultores, quienes buscan alcanzar óptimos parámetros productivos en ganancia de peso y conversión alimenticia para obtener mayor rentabilidad (Sindik y otros, 2008; Carvajal, 2016). Las modernas líneas de broiler requieren que su alto potencial genético esté complementado con aditivos nutricionales en la dieta para superar los desafíos de campo (Alcedo, 2016); por este motivo y ante la demanda de los consumidores por productos de calidad e inocuos, la industria avícola investiga el efecto de aditivos nutricionales como prebióticos, probióticos, oligosacáridos, beta glucanos, y extractos vegetales o productos naturales (Vásquez, 2012; Medina y otros, 2014) que incrementen el rendimiento productivo sin producir efectos negativos (Carvajal, 2016).

El uso de extractos vegetales contribuye al desempeño de las aves aumentando la ganancia del peso corporal y mejorando la ingesta y conversión del pienso (Guo y otros, 2004; Barreto, 2007; Peinado, 2015); estos productos naturales se pueden obtener de hierbas, plantas, especias, algas y hongos o setas (Dalle y otros, 2016). Entre las alternativas se encuentran los hongos Basidiomicetos superiores; cuyos componentes nutritivos y medicinales son importantes para la regulación de las funciones fisiológicas en el hombre (Cohen y otros, 2014); como el hongo *Ganoderma lucidum*, utilizado en la medicina tradicional china por sus propiedades para combatir enfermedades, preservar la salud y aumentar la vitalidad en humanos (Sanodiya y otros, 2009).

Chen y otros (2008) sugieren que los polisacáridos del hongo *Ganoderma lucidum* mejoran el rendimiento del crecimiento y contrarrestan el estrés fisiológico en lechones destetados. Por su parte, Ogbe y otros (2009) demostraron que el extracto de *Ganoderma lucidum* es una nueva estrategia para controlar la coccidiosis en pollos broiler. Se atribuyen efectos a los componentes polisacáridos del hongo por el aumento de la

viabilidad, de la ganancia de peso corporal y por la promoción de la secreción de enzimas digestivas en el camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*, (Mohan y otros, 2016).

Los antecedentes descritos motivaron la presente investigación para evaluar los efectos del hongo *Ganoderma lucidum* sobre el rendimiento metabólico y la homeostasis, así como su influencia en los parámetros productivos con implicancia en la rentabilidad de los pollos broiler.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Avicultura y producción de pollo broiler en el Perú

La avicultura en el Perú es un sector en continuo crecimiento y de gran importancia económica para el desarrollo del país (Asmat, 2018). En los últimos años ha tenido un crecimiento promedio anual cercano al 8%, además representa el 25% de toda la producción agropecuaria, el 60% de la producción pecuaria y provee el 63% de la proteína animal que se consume en el Perú (APA, 2019).

De acuerdo a los reportes obtenidos del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA, 2019), la producción de carne de ave, que incluye pollos, gallinas, patos y pavos, registró 1'762,856 toneladas en el año 2019, a diferencia de las 964,407 toneladas que obtuvo en el año 2009, lo cual representa un crecimiento de 82.8% en la producción de carne de ave en la última década.

El crecimiento notable del sector avícola ha sido impulsado por la mayor producción de pollo a lo largo de los últimos años, la cual representa cerca del 94% del total de la producción de aves (Asmat, 2018). Así, en el año 2015 hubo una producción de pollo de 676 millones de unidades, aumentando en el año 2019 hasta 794 millones de unidades (APA, 2019; SIEA, 2019).

Este comportamiento se explica por la sostenida demanda por carne de pollo a nivel nacional, con un 56% de preferencia del consumo total de carnes (Asmat, 2019), a lo que se suma la tendencia positiva en el consumo de alimentos fuera del hogar en restaurantes y especialmente en pollerías, gracias a un poder adquisitivo mejorado de la población, ligado a que el empleo formal se ha incrementado (Asmat, 2018).

El consumo per cápita de carne de pollo alcanzó en el año 2018 los 50 kg anuales, en comparación a los 30 kg anuales del año 2009 (SIEA, 2019), un incremento de 67% en los últimos 10 años. Destacándose que el Perú tiene el consumo per cápita de pollo más alto de Latinoamérica, seguido de Argentina con 42 kg y Brasil con 41 kg (Asmat, 2019).

Según Asmat (2019), al año 2018, en la costa está concentrada el 95% de la producción nacional con un sistema de producción intensivo, siendo las mayores zonas productoras Lima (54% del total nacional), La Libertad (18%), Arequipa (10%) e Ica (4%). Alrededor de 40 empresas avícolas formales, proveerían el 80% de la oferta avícola; estimándose que el 20% restante de la producción local proviene de productores informales que participan en el mercado sin normas de sanidad y solo en temporadas que presenten los precios más altos (Asmat, 2018).

El explosivo crecimiento y desarrollo de la avicultura peruana, también es consecuencia de la búsqueda para obtener una productividad mejorada a través del avance tecnológico (González y otros, 2013), que incluye genética, ambiente, manejo y alimentación (Alcedo, 2016).

Desafortunadamente, como en todos los países, la selección genética y el sistema intensivo de producción con alta densidad han generado aves más sensibles a los cambios del entorno, a los procesos infecciosos, a los problemas musculoesqueléticos, cardiovasculares y metabólicos; provocando mortalidad y descarte de aves; y disminuyendo los resultados productivos y económicos. (Estrada y Márquez, 2005; González y otros, 2013; Martínez-Alesón, 2015).

2.2. Pollos broiler

En un inicio la palabra “broiler” era aplicada a las aves comercialmente destinadas al asadero (“to broil” en inglés significa “asar”), Sin embargo, hoy en día, un ave joven, macho o hembra, que procede de un cruce genéticamente seleccionado para conseguir veloz crecimiento, mejor rendimiento de la canal y que cuente con la formación de mayores masas musculares, es designada con el término “broiler” independientemente del destino comercial que se le dé (Catalá-Gregori, 2007; Peinado, 2015).

El broiler tiene un rápido ciclo de producción, de seis a siete semanas, que permitiría hacer unos 5,5 lotes anuales, por lo cual se convirtió en la base de la producción masiva de carne de ave. El producto final comúnmente obtenido es un pollo entero que estaría pesando aproximadamente entre 1,8 a 2 kg, consiguiendo alcanzar con ese peso su rendimiento máximo. Actualmente son animales híbridos, hijos de padres de la línea Cornish y madres de la línea White Rock, con una gran velocidad de crecimiento, por lo que de 1 a 42 días podrían alcanzar un promedio de 70 g diarios. (Catalá-Gregori, 2007; Peinado, 2015).

La selección genética intensiva que se ha realizado durante los últimos sesenta o setenta años permitió que se obtengan pollos broiler que pueden transformar de una forma tan eficaz el pienso en masa corporal, que los ha convertido en los animales más eficientes de toda la industria pecuaria (Peinado, 2015), por lo cual tienen un excelente índice de conversión, en torno a 1,8 kg de pienso para producir 1 kg de carne. En resumen, su genética en constante evolución se traduce en menor índice de conversión, mayor velocidad de crecimiento y mayor rendimiento de la canal (Catalá-Gregori, 2007; Peinado, 2015).

2.2.1. Fisiología del broiler

Su alta velocidad de crecimiento y desarrollo muscular, supone una actividad nutricional, fisiológica y metabólica excepcional (Martínez-Alesón, 2015). Para expresar todo el potencial genético, el organismo debe realizar sin alteración de la homeostasis todos los procesos fisiológicos, como los relacionados con el mantenimiento de la vida, el crecimiento (North, 1988) y la adaptación, que alcanzan a los aparatos cardiovascular, respiratorio y digestivo (Díaz, 2012; Sandoval y otros, 2003)

Fisiología respiratoria

La respiración en las aves, como en los mamíferos, transforma la sangre venosa en sangre arterial por la acción del oxígeno del aire y elimina los gases nocivos producto de las reacciones y combustiones producidas en el organismo. Pero a diferencia de los mamíferos, en las aves, el aire que inspiran penetra, además de los pulmones, a los sacos aéreos de donde regresa a los pulmones a depositar el oxígeno; realizando así, doble acción respiratoria, con poca rapidez para el intercambio de gases en los pulmones (Vaca, 2003).

Homeotermia

Las aves al ser animales homeotermos pueden controlar su temperatura corporal mediante métodos termorreguladores (fisiológicos) desde el hipotálamo (Estrada y Márquez, 2005; Díaz, 2012). En la zona de confort, es mínimo el gasto de energía para el metabolismo, el mantenimiento de la temperatura y la termogénesis; lo cual permite que sea máximo el uso de energía destinada hacia la producción, asegurando así, que la regulación de la homeostasis sea eficiente (Díaz, 2012). En los broilers, la zona de confort térmico se encuentra entre 31° y 33°C hasta los 7 días de edad, y entre 20° y 23°C en la semana 5 a 6 de edad, con 50 a 60% de humedad relativa (Estrada y Márquez, 2005; Díaz, 2012).

Sangre

La sangre es críticamente importante para la fisiología de las aves. Está en contacto con todas las células del organismo y se ocupa de mantener la constancia del medio interno corporal a través de las siguientes funciones: transporte de gases respiratorios (oxígeno y dióxido de carbono), electrolitos, nutrientes (glucosa, aminoácidos, ácidos grasos), metabolitos, compuestos de desecho, hormonas, calor, así como algunos agentes patógenos y sustancias tóxicas; protección a través de anticuerpos, leucocitos, y trombocitos; homeostasis de agua y electrolitos; y coagulación en caso de lesión de los vasos sanguíneos (Scanes, 2015).

La sangre está constituida por el plasma (la porción fluida), con sales, proteínas disueltas y elementos formados: eritrocitos, leucocitos y trombocitos (Scanes, 2015).

Para acceder al estado fisiológico del animal, se puede hacer uso del perfil hematológico y bioquímico de la sangre (Schmidt y otros, 2010). Así como en el hombre, el hemograma permite detectar anomalías que se presentan en ciertos fenómenos fisiopatológicos importantes y que se reflejan en la sangre (Cardoso y Tessari, 2003). Según Schmidt y otros (2010), dentro del hemograma se encuentra el eritrograma, que incluye entre otras pruebas, el recuento total de eritrocitos, la determinación del hematocrito y la concentración de hemoglobina.

Eritrocitos: Los eritrocitos aviares son células ovaladas y nucleadas. En el broiler, el tiempo de vida de los eritrocitos es de 28 a 35 días (120 días en los mamíferos); corta vida atribuida a su elevado metabolismo y a la temperatura corporal de 41° C. Su principal función es transportar oxígeno al tejido (Cardoso y Tessari, 2003; Haile y Chanie, 2014) a través de la hemoglobina que contiene (Scanes, 2015).

Los valores normales eritrocitarios se muestran en el cuadro 1. En las micotoxicosis, puede producirse un aumento moderado de estos valores por la hemoconcentración (Schmidt y otros, 2010), es decir, por una disminución en el agua plasmática (Scanes, 2015). En condiciones de estrés por calor, los eritrocitos de los broilers son más largos y delgados, situación en que los efectos adversos del daño oxidativo sobre la membrana plasmática dan como resultado la destrucción de los eritrocitos (Egbuniwe y otros, 2018).

Cuadro 1. Valores eritrocitarios considerados normales en broilers.

Parámetro	Intervalo de referencia
Eritrocitos ($10^6 \mu\text{L}$)	2,5-3,5
Hematocrito (%)	25-45
Hemoglobina (g/dL)	7-13

Fuente: Adaptado de Díaz (2012); Cardoso y Tessari (2003); Haile y Chanie (2014).

Hemoglobina (Hb): es una proteína que se une al oxígeno en los pulmones y libera oxígeno en los tejidos, además, interviene en el transporte de CO₂ desde los tejidos hasta los alvéolos pulmonares, manteniendo de esta forma el pH de la sangre y la entrada de oxígeno en las células (Cardoso y Tessari, 2003; Scanes, 2015). La concentración de la hemoglobina es importante para determinar la capacidad de oxigenación tisular que prevalece en los seres vivos y para clasificar un proceso anémico (Cardoso y Tessari, 2003).

La anemia es evidenciada por la disminución en el recuento total de eritrocitos, del hematocrito y de las concentraciones de hemoglobina (Schmidt y otros, 2010). Ogbe y otros (2010) encontraron que el nivel de hemoglobina disminuye en pollos infectados con coccidiosis.

Algunos autores han detectado un aumento de la concentración de hemoglobina en broilers bajo estrés por calor, que podría estar relacionado al incremento de la actividad metabólica necesaria para satisfacer las demandas energéticas (Díaz y otros, 2016). Sin embargo, otros estudios han demostrado que disminuye de forma significativa por el aumento de la frecuencia respiratoria, así como por el estrés oxidativo (Attia y otros, 2009) producido por el exceso de radicales libres, que da como resultado hemólisis por peroxidación lipídica (Egbuniwe y otros, 2018).

Hígado

El hígado es uno de los principales órganos vitales y constituye el sostén de la vida del ave. Sus funciones son muy importantes al intervenir en mecanismos de detoxicación; secreción de bilis; almacenamiento de vitaminas y glucosa; producción de proteínas (albúmina, protombina, y proteínas de transporte de hormonas y vitaminas); activación de la tiroxina; inactivación de hormonas; y metabolismo de proteínas, hidratos de carbono y lípidos, entre otros (Asensio, 2009).

El papel de este órgano es fundamental durante el crecimiento ya que cede en forma constante proteínas, fosfolípidos y colesterol hacia los tejidos en desarrollo (Sandoval y otros, 1999). El exceso de aminoácidos, que no será utilizado para la síntesis de proteínas tisulares, es catalizado por el hígado. El catabolismo de aminoácidos incluye la desaminación, a partir de la cual se forman amoniaco (gran parte excretado en forma de ácido úrico) y α -cetoácidos (Beitz, 2007).

La reacción más común de desaminación para la eliminación del grupo amino de un aminoácido es la transaminación. Esta reacción consiste en la transferencia del grupo amino de un aminoácido (convirtiéndose en su ceto-análogo) a un α -cetoácido (aceptor, que se convierte en su

aminoácido correspondiente) para el uso posterior del α -cetoácido resultante en la generación de energía, en la gluconeogénesis y al ser una reacción reversible en la síntesis de aminoácidos. Las enzimas que catalizan esta reacción son las transaminasas y la coenzima es el fosfato de piridoxal (Herdt, 2003; Beitz, 2007).

En el broiler, el hígado se ve afectado debido a que la producción avícola es un verdadero sistema estresante que genera respuestas que consisten en cambios neuroendocrinos y metabólicos. La corticosterona actuará sobre el metabolismo intermedio de carbohidratos, lípidos y proteínas incrementando la energía requerida en el proceso de adaptación. En busca de recuperar la homeostasis energética, intervendrán el hígado y el páncreas en la distribución y aprovechamiento de todos los nutrientes. Como consecuencia, se promueve la movilización de lípidos y aminoácidos que serán metabolizados por el hígado, incrementándose en este órgano la actividad de las transaminasas (necesarias para la gluconeogénesis), la lipogénesis y la síntesis de ácidos grasos, aumentando finalmente el peso absoluto y relativo del hígado (Sandoval y otros, 2003).

Todas las actividades digestivas y metabólicas del hígado tienen gran importancia para la salud y productividad de estas aves. Los desafíos y elevadas exigencias de producción a las que son sometidas, producen la sobrecarga metabólica ya mencionada. Por lo tanto, la capacidad funcional del hígado resulta trascendente (Sandoval y otros, 1999).

Según Borsa y otros (2006), la elevación de los niveles de las transaminasas en suero es atribuida a la disfunción hepática, la cual puede ser consecuencia de la ruptura de los hepatocitos, resultantes de necrosis o de los cambios en la permeabilidad de la membrana celular. Las enzimas hepáticas habitualmente incluidas en los perfiles de clasificación bioquímica sérica son:

Alanina aminotransferasa (ALT): anteriormente denominada transaminasa glutámico pirúvica (GPT), la cual cataliza la transferencia del grupo amino de la alanina al α -cetoglutarato originando glutamato y piruvato (Borsa y otros, 2006; Beitz, 2007). La reacción reversible es: α -cetoglutarato + Alanina \rightarrow Glutamato + Piruvato.

Esta enzima es citosólica y se encuentra en los hepatocitos a concentraciones más altas que la concentración sérica normal, además de encontrarse en niveles más bajos en músculo y otros tejidos. En algunas investigaciones consideran que esta enzima tiene valor limitado para evaluar disturbios hepatocelulares en aves (Schmidt y otros, 2010) y en otras se considera que su liberación en suero es prueba de daño hepatocelular (Fuentes, 2016).

Se ha reportado que los niveles normales de ALT y AST en broilers (cuadro 2) no tienen alteraciones significativas en relación a la edad (Borsa y otros, 2006). Elevaciones de ALT y AST en suero se han asociado a un exceso de glucocorticoides inducido por estrés (Sandoval y otros, 2003). Existen estudios que han asociado el efecto hepatoprotector de los polisacáridos de setas, con la disminución de la actividad sérica de ALT en ratones (Zhang y otros, 2002).

Cuadro 2. Valores sérico-enzimáticos considerados normales en broilers.

Parámetro	Intervalo de referencia
ALT/GPT	8-34
AST/GOT	122-325

Fuente: Borsa (2006).

Aspartato aminotransferasa (AST): antes conocida como transaminasa glutámica oxalacética (GOT) cataliza la transferencia del grupo amino del aspartato al α -cetoglutarato (Borsa y otros, 2006; Beitz, 2007). La reacción es: α -cetoglutarato + Aspartato \rightarrow Glutamato + Oxalacetato.

Es una enzima que se encuentra en la mitocondria y citosol de la mayoría de células del músculo esquelético, músculo cardíaco, hígado, cerebro, riñón y en los eritrocitos (Schmidt y otros, 2010). Ante daño hepático, los aumentos en la enzima AST normalmente son paralelos a los de ALT (Borsa y otros, 2006). Al ser considerada un marcador sensible, pero no específico de disturbio hepatocelular, incrementos en AST, sin alteración en ALT, probablemente indican disturbios musculares (Schmidt y otros, 2010).

Según Sandoval y otros (1999), en varios estudios se han observado niveles elevados de AST y ALT a temperaturas ambientales altas, y en otros, la actividad de AST se ha mantenido estable junto a un peso corporal disminuido. También se ha reportado la disminución de la actividad de AST en aflatoxicosis crónica por inhibición de la síntesis proteica, a diferencia de la aguda, en la cual AST y ALT aumentan sus valores (Arrieta y otros, 2006).

Investigaciones realizadas con oligosacáridos, hongos y extractos vegetales demostraron que la actividad sérica de AST y ALT disminuye debido a un mejor funcionamiento del hígado y corazón, evidenciando que la eficiencia fisiológica de estos órganos es favorecida (Yalcinkaya y otros, 2008; Tenorio, 2015; Fuentes, 2016).

2.2.2. Susceptibilidad

Si bien las modernas estirpes de broilers para la cría intensiva han sido seleccionadas principalmente para lograr un rápido crecimiento del tejido muscular, unido a una buena eficiencia en la conversión del pienso, la concentración del esfuerzo de selección en estas dos características condujo al aumento de la incidencia de diversos defectos en otras áreas fisiológicas (Whitehead, 2009). Como consecuencia de la mejora genética se han producido broilers con menor resistencia, mayor vulnerabilidad a las alteraciones del ambiente que los rodea y con rendimiento productivo y económico disminuido (Estrada y Márquez, 2005).

El estrés fisiológico al que están sometidas las nuevas estirpes de rápido crecimiento aumenta su susceptibilidad frente a las enfermedades de origen infeccioso (Dottavio y Di Masso, 2010; Martínez-Alesón, 2015). A esto, se suma la alta sensibilidad a padecer procesos metabólicos, principalmente musculoesqueléticos, digestivos y cardiovasculares ligados a su rápido crecimiento con un elevado peso muscular y alto rendimiento de los procesos metabólicos necesarios para la función productiva de crecimiento (Dereser Puyana y Betancourt, 2015; Martínez-Alesón, 2015).

Estos problemas metabólicos han aumentado en el último quindenio, básicamente por su gran velocidad de crecimiento, que provoca mayor ingesta de pienso y aceleración de su metabolismo. Como consecuencia, requiere una mayor oxigenación, haciéndolo más susceptible a alteraciones relacionadas al metabolismo como ascitis y síndrome de muerte súbita. Para agravar el problema, los pulmones y el corazón no se han desarrollado en la misma proporción que el incremento de su tejido muscular (Dereser Puyana y Betancourt, 2015).

Al parecer, el aumento de la tasa de crecimiento y del tamaño muscular, a veces, les produce alteraciones histológicas y bioquímicas del tejido de los músculos pectorales, las cuales se denominan miopatías espontáneas o idiopáticas. En diversos países, se han observado recientemente diferentes miopatías en pollos broilers, incluyendo miopatía pectoral profunda (DPM), estriaciones blancas (WS), pechuga de madera (WB), y carne pálida, suave y exudativa (PSE). (Petracci y Cavani, 2012; Bilgili, 2017). Las miopatías no afectan la salud general de las aves, aunque la calidad de la carne si es afectada al verse estéticamente indeseable; produciéndose una pérdida económica en la industria, especialmente porque afecta la parte más valiosa de la carcasa (Petracci y Cavani, 2012).

Además, a pesar de la mejora genética, los broilers no han desarrollado el tamaño de su esqueleto, a diferencia del gran desarrollo de su tejido muscular, generando que aumenten las alteraciones en el sistema musculoesquelético. Por lo general, las anomalías en la locomoción de estas aves se relacionan a la debilidad de las patas, causadas por afecciones (en nervios, esqueleto y músculos) generadoras de dolor y cojera, dando como resultado, baja viabilidad, incremento de la conversión del alimento y desaceleración del crecimiento (Icochea, 2015).

Las anomalías más comunes del aparato locomotor, comprenden la discondroplasia tibial (DT), el raquitismo, la necrosis de cabeza de fémur (NCF), la deformación valgus-varus (patas torcidas) y la espondilolistesis. Constituyen la principal causa de eliminación y descarte en broilers y a pesar de los intentos de selección genética en contra de estas anomalías, aún se observan problemas óseos. Para mantenerlas bajo control se necesita una continua vigilancia a nivel genético, nutricional y de manejo (Whitehead, 2009; Icochea, 2015).

Por otro lado, en estas aves, la doble acción respiratoria y la poca rapidez con que se da el intercambio de gases en los pulmones, pueden provocar que sea más grave cualquier condición que afecte el ritmo respiratorio, como las enfermedades respiratorias, sobre todo en condiciones climáticas adversas, como elevadas temperaturas y alta humedad relativa ambiente (Vaca, 2003).

Temperaturas elevadas con alta humedad causan estrés por calor, al cual son muy vulnerables, resultando en la producción excesiva de radicales libres como las especies reactivas del oxígeno, que incluyen al radical superóxido, al radical hidroxilo y al peróxido de hidrogeno. Bajo esas condiciones adversas, se crea un desequilibrio en el estado antioxidante, por el cual el cuerpo no puede sintetizar las enzimas requeridas como superóxido dismutasa o glutatión peroxidasa, para destruir los radicales oxidativos o reparar el daño, produciéndose estrés oxidativo. Los radicales libres excesivos dañan componentes celulares como lípidos, carbohidratos, proteínas y ADN, afectando las funciones celulares y la membrana celular (Wang y otros, 2008; Egbuniwe y otros, 2018; Al-Sultan y otros, 2019).

2.2.3. Requerimientos nutricionales

A fin de poder alcanzar un óptimo desarrollo corporal y realizar la mejor función de mantenimiento, los broilers requieren de nutrientes (Cuadro 3). Necesitan del aporte proteico y energético junto a nutrientes esenciales como los ácidos grasos y los aminoácidos, además de agua, vitaminas y minerales (FAO, 2013). La alimentación natural les permite obtener la energía y los nutrientes requeridos, sin embargo, la suplementación sintética les permite obtener el aporte vitamínico, mineral y de aminoácidos esenciales como lisina, metionina, treonina y triptófano (FAO, 2013).

Cuadro 3. Requerimientos nutricionales de los pollos Cobb 500.

Nutrimentos		Inicio	Crecimiento	Acabado
Energía Metabolizable	Kcal/kg	3000	3070	3150
Proteína bruta	%	20-22	19-20	17-18
Lisina digestible	%	1.22	1.12	1.02
Metionina digestible	%	0.46	0.45	0.42
Met + Cis digestible	%	0.91	0.85	0.80
Triptófano digestible	%	0.20	0.18	0.18
Treonina digestible	%	0.83	0.73	0.66
Arginina digestible	%	1.28	1.18	1.07
Valina digestible	%	0.89	0.85	0.76
Isoleucina digestible	%	0.77	0.72	0.67
Calcio	%	0.90	0.84	0.76
Fosforo disponible	%	0.45	0.42	0.38
Sodio	%	0.16-0.23	0.16-0.23	0.16-0.23
Cloro	%	0.16-0.30	0.16-0.30	0.16-0.30
Potasio	%	0.60-0.95	0.60-0.95	0.60-0.95
Ácido linoleico	%	1.00	1.00	1.00

Fuente: Cobb500 (2018).

2.2.4. Requerimientos metabólicos y energéticos

Los broilers presentan una alta demanda metabólica debido, según Surai y otros (2017), al veloz desarrollo del campo de la genética, que ha transformado a estas aves en atletas, caracterizadas por un alto consumo de pienso, un magnífico índice metabólico y una gran deposición proteica.

Su alta tasa de crecimiento genera un elevado metabolismo, determinando el incremento del requerimiento sanguíneo, así como el requerimiento de una mayor distribución de oxígeno a los tejidos para la producción de energía. Sin embargo, la gran cantidad de tejido muscular que posee, no es oxigenada con eficiencia por el sistema cardio respiratorio (Díaz, 2012; Dereser Puyana y Betancourt, 2015).

Es por ello que el desarrollo de la cría de estas aves en regiones de mayor reto ambiental, como en los países cálidos, y el incremento de la humedad relativa, hacen que su capacidad de homeostasis se vea afectada y que el consumo de alimento disminuya al intentar termorregular su temperatura corporal, que aumenta debido a los procesos metabólicos de la digestión y al metabolismo energético (Díaz, 2012; Surai y otros, 2017).

El reto ambiental al que se ven expuestos los broilers les exige estas modificaciones fisiológicas, como un medio para alcanzar el equilibrio térmico; lo que requerirá, un gasto energético adicional, el cual no tendría que utilizarse en la termorregulación, sino para producir tejido muscular (Díaz, 2012).

En cuanto al metabolismo, por medio de este se producen cambios químicos en los componentes de los alimentos, que se presentan después de la digestión y absorción. Desde que las proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales se convierten en estructuras capaces de absorberse,

estos deben reconvertirse en formas complejas antes tener valor para el ave. Para que los tejidos del cuerpo sean capaces de utilizar los compuestos simples llevados por el sistema sanguíneo, deben llevarse a cabo más reacciones químicas (North, 1988).

Los combustibles metabólicos más importantes son la glucosa, los aminoácidos y los ácidos grasos para los que existen varios sistemas de almacenamiento y transporte (Herdt, 2003).

El broiler, tanto para su metabolismo basal o mantenimiento como para crecer, necesita una absorción perfecta de estos nutrientes; por lo cual, las funciones de digestión y absorción nutritiva son esenciales e influyen directamente en su salud. Para eso se requiere mantener una buena integridad intestinal y un balance adecuado de la microbiota. Estas aves requieren la integración de estas dos funciones en el tracto gastrointestinal y de la regulación de las mismas (Peinado, 2015).

Cuando el alimento suministrado satisface sus necesidades en cada uno de los nutrientes esenciales, estas aves comerán buscando cubrir sus requerimientos de energía. En otras palabras, el pienso consumido por los broilers es controlado por los niveles energéticos del alimento; si los niveles energéticos cambian, igualmente cambiará la ingesta del pienso (FAO, 2013; Martins y otros, 2016). El consumo de alimento y la conversión alimenticia disminuyen a medida que aumentan los niveles de energía y nutrientes en la dieta (Martins y otros, 2016).

La principal fuente de energía son generalmente los carbohidratos (Chithra y otros, 2016), pero algunos hidratos de carbono complejos como los fibrosos, no son digeridos ni utilizados por las aves, por eso, deberían usarse métodos que se basen en la energía disponible para formular las dietas. La energía que mide los requerimientos del broiler y el contenido

energético disponible en los ingredientes de su dieta es la energía metabolizable; la cual considera la energía que se pierde por medio de la orina y de las heces (FAO, 2013).

2.3. Polisacáridos

Los polisacáridos cumplen importantes funciones en los animales y las plantas, como las estructurales y las de reserva o almacenamiento. Los polisacáridos estructurales son los que proveen soporte estructural. Son glúcidos que confieren la forma a las células y a otras estructuras del organismo. En las plantas comprenden la celulosa, fuente de alimentación potencial de los animales. Por otro lado, el componente de los hongos está constituido por el polisacárido quitina y es la base del exoesqueleto de los artrópodos y otros insectos. La celulosa y la quitina son los dos compuestos orgánicos que más abundan (Hill y otros, 2006).

Los polisacáridos de reserva están representados por el almidón, una forma de glucosa polimerizada en las plantas y el glucógeno, una forma de glucosa polimerizada en los animales. La glucosa es indispensable para el sistema nervioso de los vertebrados; y necesaria para la producción más rápida de ATP en el músculo esquelético. (Hill y otros, 2006).

Los polisacáridos son una sustancia prebiótica, que es ampliamente aceptada como ingrediente dietético para regular el crecimiento y el estado de salud de los organismos, incluidos los humanos (Mohan y otros, 2016). Los polisacáridos de los hongos o setas no solo activan los probióticos que se sostienen en el tracto gastrointestinal, sino que también muestran efectos beneficiosos ante enfermedad cardiovascular, así como actividad antiviral, antibacterial, antienvjecimiento y reducen la obesidad. Por lo tanto, los hongos pueden considerarse como un potencial prebiótico en el futuro (Bhakta y Kumar, 2013).

Los polisacáridos de la dieta se digieren en el cuerpo y se usan como fuentes potenciales de energía que pueden disminuir la utilización de nutrientes como fuente de energía y, en última instancia, aumentan el almacenamiento de nutrientes en los organismos (Mohan y otros, 2016).

Son pocas las investigaciones sobre la administración de polisacáridos como aditivos en la industria pecuaria, no obstante, su uso puede inhibir las respuestas inflamatorias, lo que permite que los nutrientes sean particionados hacia la demanda de crecimiento (Chen, 2008); promover que las enzimas digestivas sean secretadas (Ogbe y otros, 2009); reducir la carga de agentes patógenos y mejorar el rendimiento productivo de los animales. (Chithra y otros, 2016).

2.4. Hongos basidiomicetos superiores

En los últimos años, los productos naturales han atraído una gran atención en el descubrimiento y el desarrollo de fármacos. De hecho, se ha presentado evidencia consistente demostrando que una dieta que incluya productos naturales obtenidos de plantas y sus frutos, hierbas, cereales, brotes y hongos comestibles se asocia a una mejora en el funcionamiento y la salud del organismo (Deepalakshmi y Mirunalini, 2011).

Los hongos se incluyen específicamente en un reino de la naturaleza: el Reino Fungi. Se encuentran dentro de los grupos Zygomycota, Chytridiomycota, Basidiomycota y Ascomycota; los filos con los que se ha establecido su taxonomía. Tienen apariencia de vegetales, sin embargo, son distintos (Lorite, 2015; Castilla, 2015).

Las características que los diferencian de los vegetales son que las paredes celulares son de quitina, no de celulosa, y son heterótrofos pues no realizan la fotosíntesis al carecer de clorofila (a diferencia de las plantas

verdes) (Lorite, 2015; Castilla, 2015), por lo tanto, son incapaces de sintetizar su propio alimento y requieren siempre de alimentos elaborados para vivir (León, 2005). Además, algunos hongos viven sobre vegetales, troncos, tocones o sobre materia en descomposición (Lorite, 2015).

Son un grupo diferente de organismos que incluye especies con carpóforos grandes y visibles, como los hongos superiores (macromicetos o macrohongos); un ejemplo de hongos superiores son las setas (FAO, 2005). Sin embargo, Castilla (2015) menciona que, por lo general, ambas palabras, seta y hongo, son usadas haciendo referencia a lo mismo, aunque realmente no tengan el mismo significado.

Los hongos están compuestos por el micelio, una biomasa filamentososa que está conformada por una red de hilos o hifas. Son mayormente organismos eucariotas que se reproducen sexualmente o asexualmente, por medio de la formación de esporas (Castilla, 2015).

En cambio, la seta (“el cuerpo fructífero del macrohongo”) es el órgano de la reproducción. Su estructura consiste en el tallo (ayuda a la absorción de nutrientes), el sombrero y las laminillas. En las laminillas se encuentran los basidios, que se encargan del proceso reproductivo, mayormente sexual, formando núcleos que darán lugar a las esporas, a partir de las cuales se desarrollan los micelios. En resumen, el proceso reproductivo es realizado por las setas, mientras que los hongos dan forma a las setas. De esta forma, todas las setas pertenecen al grupo de los Basidiomicetos (hongos con basidios) del filo Basidiomycota (León, 2005; Bhakta y Kumar, 2013; Castilla, 2015).

Los hongos Basidiomicetos superiores comestibles-medicinales son un grupo de alimentos, que se han valorado y destacado durante miles de años en la alimentación, a nivel mundial, tanto por sus beneficios nutritivos,

como por sus beneficios para la salud (Deepalakshmi y Mirunalini, 2011; Lorite, 2015). Además, poseen las funcionalidades de los alimentos, como el valor nutricional y los efectos fisiológicos (Ulziijargal y Mau, 2011).

Estos hongos poseen ciertas ventajas naturales en términos de supremacía dietética sobre el resto de la fuente vegetariana. Nutricionalmente incluyen un alto contenido de polisacáridos y quitina, alto contenido de vitaminas (B1, B2, B12, C, D y E), micro y macroelementos; proteínas y todos los aminoácidos esenciales (por lo tanto, pueden actuar como un sustituto de la carne); bajo contenido de grasa y no contienen colesterol. Además, son fuente de muchos componentes nutritivos y bioactivos diferentes, tales como ácidos grasos insaturados, alcaloides, terpenoides, tocoferoles, fenólicos, enzimas, ácido ascórbico, carotenoides, en general, que son particularmente importantes para la regulación de las funciones fisiológicas en el organismo humano (Ulziijargal y Mau, 2011; Cohen y otros, 2014; Valverde y otros, 2015).

Más de 100 funciones medicinales son producidas por hongos comestibles-medicinales incluyendo antioxidantes, inmunomoduladoras, antitumorales, antimicóticas, antibacterianas, antivirales, antiinflamatorias desintoxicantes, antiparasitarias, cardiovasculares, hepatoprotectoras, anti hipercolesterolemia, anticancerígenas y muchas otras (Lin y otros, 2013; Cohen y otros, 2014; Valverde y otros, 2015).

Como resultado de estas propiedades, algunos extractos de hongos se utilizan para promover la salud humana y se encuentran como suplementos dietéticos (Valverde y otros, 2015). Por lo tanto, podrían ser una excelente fuente de muchos nutraceuticos y alimentos funcionales (Lin y otros, 2013; Valverde y otros, 2015) y ser utilizados directamente en la dieta humana para promover la salud y aprovechar los efectos aditivos y

sinérgicos de todos los compuestos bioactivos presentes (Cohen y otros, 2014; Valverde y otros, 2015).

El hongo más cultivado en el mundo, *Agaricus bisporus*, presenta actividad antioxidante atribuida a la presencia de fenoles (Shamsi y otros, 2015; Valverde y otros, 2015). El hongo *Pleurotus ostreatus* también presenta efectos antioxidantes (Ferrao y otros, 2017). *Lentinus edodes* es la especie más estudiada por sus propiedades antimicrobianas (Valverde y otros, 2015). Algunos hongos actúan directamente sobre la inflamación como *Cordyceps sinensis* y *Ganoderma lucidum* (Ferrao y otros, 2017).

Especies de hongos como *Agaricus bisporus*, *Agaricus blazei*, *Boletus erythropus*, *Flammulina velutipes*, *Lentinus edodes*, *Phellinus linteus*, *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum*, entre otras, podrían ampliar su uso en la salud humana al ser utilizadas como fuente de prebióticos (Bhakta y Kumar, 2013), y así confirmar la reciente atención enfocada en el impacto que tiene la “nutrición con hongos”, a partir de la biomasa, sobre la microbiota intestinal humana y la prevención o el tratamiento de diversas enfermedades metabólicas (Ferrao y otros, 2017).

Esta amplia gama de actividades que tienen los hongos en beneficio del organismo humano, ha generado interés por los extractos derivados de varios hongos para su uso como promotores de salud, con sus propiedades antioxidantes, antibacterianas, inmunitarias y de reducción del estrés en animales de granja (Asadi-Dizaji, 2014).

2.4.1. Estudios con basidiomicetos en animales de granja

Guo y otros (2004) estudiaron los potenciales efectos prebióticos de extractos de polisacáridos de los hongos *Lentinus edodes*, *Tremella fuciformis* y de la hierba *Astragalus membranaceus*, sobre el crecimiento y

ecosistema microbiano cecal de pollos broiler, infectados naturalmente con *Mycoplasma gallisepticum* aviar, en comparación con un antibiótico. Encontraron que los extractos y el antibiótico estimularon significativamente el crecimiento de los pollos y afectaron significativamente la viscosidad cecal y las poblaciones microbianas. En contraste con el antibiótico, la adición del extracto de *Lentinus edodes* incrementó significativamente la población de bacterias potencialmente benéficas (bifidobacterias y lactobacilos) y aumentó la ganancia de peso corporal. Demostraron que el uso del extracto de polisacáridos de hongos tiene alguna promesa como modificador potencial de la microbiota intestinal en pollos enfermos.

En otro experimento, Giannenas y otros (2010) evaluaron el rendimiento productivo y el estado antioxidante de pollos broiler suplementados con el hongo *Agaricus bisporus*. La suplementación del hongo seco a 20 g/kg de pienso durante 42 días mejoró significativamente ganancia de peso, peso corporal y conversión de alimentos; y no afectó la ingesta de pienso en comparación con la dieta control. Además, redujo la producción de malondialdehído en los tejidos refrigerados del hígado, pecho y muslo, elevó la enzima glutatión peroxidasa, y redujo el glutatión, el glutatión S-transferasa y el glutatión reductasa. Concluyeron que el hongo *Agaricus bisporus* ejerce tanto una actividad promotora del crecimiento como una actividad protectora de antioxidantes tisulares cuando se complementa en dietas de pollos broiler.

Giannenas y otros (2011), también investigaron los efectos del consumo del hongo *Agaricus bisporus*, sobre el rendimiento productivo, composición de la microbiota intestinal y morfología intestinal en pavos. Sus resultados mostraron que el hongo *Agaricus bisporus* mejora el crecimiento y la conversión alimenticia; ejerce cambios beneficiosos en las comunidades microbianas intestinales (mayores recuentos de lactobacilos y bifidobacterias en el ciego y menores recuentos de *Escherichia coli*) y

produce un aumento en la altura de las vellosidades intestinales. Todo ello en consonancia con una mejora del rendimiento productivo de los pavos.

En otra investigación, Asadi-Dizaji y otros (2014) evaluaron los parámetros de desempeño productivo de codornices japonesas (*Coturnix coturnix Japonica*) suplementadas con el hongo *Agaricus bisporus* en polvo. Demostraron que la inclusión del 2% del hongo en la dieta, afecta positivamente los parámetros productivos al incrementar significativamente ($P < 0,05$) la ingesta de pienso y la ganancia de peso, así como disminuir significativamente ($P < 0,05$) la conversión alimenticia en comparación con los otros tratamientos, incluido el grupo control.

2.5. Hongo *Ganoderma lucidum*

El Basidiomiceto *Ganoderma lucidum* (Curtis: Fr.) P. Karst, es un hongo oriental con una larga historia de uso para promover la salud y la longevidad en China, Japón y otros países asiáticos. Es grande, con un exterior brillante y una textura leñosa. En latín, *lucidum* significa brillante y describe con acierto al cuerpo fructífero de este hongo, que tiene una apariencia modelada, esculpida y barnizada (Wasser, 2005; Watchel-Galor y otros, 2011). Precisamente su distintiva y hermosa superficie barnizada de color rojo lo convierte en uno de los hongos más bellos del mundo (Sanodiya y otros, 2009). En China es conocido como Lingzhi (hierba de la inmortalidad o de la potencia espiritual), en Japón, Reishi o Mannentake (hongo de 10.000 años) (Wasser, 2005; Watchel-Galor y otros, 2011; Pazzi, 2016), mientras que en Corea lo llaman Youngzhi (Huie y Di, 2004).

Este hongo ha sido reconocido y venerado por más de 2000 años. La primera mención de Lingzhi se hizo, en el Shen Nong's Herbal Classic (el libro más antiguo, sobre la medicina herbal oriental y la fundación de la Medicina Tradicional China) que data de la dinastía Qin (221-206 aC), por

mejorar la energía vital y promover la longevidad, (Huie y Di, 2004; Wasser, 2005; Bishop y otros, 2015). Luego en el libro Ben Cao Gang Mu, que se considera la primera farmacopea en China (1590 dC, dinastía Ming), se le atribuyeron, además, propiedades terapéuticas, como fortalecimiento de la función cardíaca, aumento de la memoria y efectos tonificantes y antienvjecimiento. Después, las representaciones de este hongo proliferaron a través de la literatura y el arte chino (Wasser, 2005; Watchel-Galor y otros, 2011).

Hábitat

Crece anualmente en una gran variedad de árboles muertos o moribundos, como árboles de hoja caduca, especialmente roble, arce, olmo, sauce, sweet gum (liquidámbar) y magnolia. Se encuentra de forma poco frecuente en árboles de coníferas (*Larix*, *Picea*, *Pinus*) en Europa, Asia, y América del Norte y del Sur (mayormente en regiones templadas). En Oriente, principalmente en ciruelos. También se encuentra en tocones, cerca de la superficie del suelo, y ocasionalmente en suelos que surgen de raíces enterradas (Wasser, 2005).

Taxonomía

Ganoderma lucidum fue descrito por primera vez por William Curtis en 1781 sobre la base de material cultivado en Inglaterra (Bishop y otros, 2015) y el género *Ganoderma*, fue establecido en Occidente por un botánico finlandés, P. Karsten, en 1881 (Huie y Di, 2004), desde entonces, más de 250 especies han sido reportadas en todo el mundo, cuya subdivisión taxonómica es aun hoy muy debatida (Huie y Di, 2004; Pazzi, 2016). Para conseguir una correcta identificación y clasificación taxonómica de *G. lucidum* (cuadro 4) y evitar confusiones, se han propuesto técnicas bioquímicas y cromatográficas (Sanodiya y otros, 2009; Watchel-Galor y otros, 2011; Bishop y otros, 2015; Pazzi, 2016).

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *G. lucidum*

Taxonomía	
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Subdivisión	Agaricomycotina
Clase	Agaricomycetes
Subclase	Insertae sedis
Orden	Polyporales
Familia	Ganodermataceae
Género	<i>Ganoderma</i>
Especie	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.
Nombre común	Lingzhi, Reishi, Mannentake, Yeongji, Kamuhro, Pipa.

Fuente: Pazzi (2016).

2.6. Componentes nutricionales de *G. lucidum*

Nutricionalmente, *Ganoderma lucidum* contiene principalmente carbohidratos, proteínas, grasas y fibra (Suberu y otros, 2013). La variedad cultivada artificialmente tiene contenidos similares de componentes nutricionales en comparación con los tipos silvestres, aunque, la extracción aumenta significativamente tanto las cantidades de carbohidratos como las de proteína cruda, suprimiendo las de fibra cruda (Sanodiya y otros, 2009).

Los análisis de la composición de carbohidratos del extracto de *Ganoderma lucidum* indican que la glucosa y la manosa existen como componentes principales junto con cantidades más pequeñas de otros azúcares (Cuadro 5), incluyendo fucosa, N-acetilglucosamina, xilosa y ramnosa (Wang y otros, 2002).

Cuadro 5. Composición de carbohidratos.

Componentes azúcar	Porcentaje (%)
d-Glucosa	58.0
d-Manosa	15.5
l-Fucosa	9.7
d-Galactosa	9.3
d-Xilosa	5.4
d-GlcNAc	1.0
l-Ramnosa	0.5

Fuente: Wang y otros (2002).

La composición nutricional de *G. lucidum* (cuadro 6) también indica que el micelio contiene cantidades considerablemente más altas de proteína (25.2%), grasa (2.8%) y cenizas (2.7%) que otras partes del hongo (Cohen y otros, 2014). Las cantidades coinciden parcialmente con lo informado por otros autores (Urizijargal y Mau, 2011; Sharif y otros, 2016), debido a que existen diferencias cualitativas y cuantitativas en la composición química en función del origen, método de cultivo, composición del sustrato, el proceso de extracción y porción específica utilizada para el análisis (Sanodiya y otros, 2009, Deepalakshmi y Mirunalini, 2011).

Cuadro 6. Análisis proximal de componentes nutricionales.

Componentes	Cuerpo fructífero	Biomasa micelial
Energía (Kcal/100g)	381	380
Carbohidratos y fibra %	83.6	63.6
Proteína cruda %	9.2	25.2
Humedad %	5.1	5.7
Grasa cruda %	1.1	2.8
Cenizas %	1.0	2.7

Fuente: Cohen y otros (2014).

Prueba de ello es que en otro análisis proximal realizado en el cuerpo fructífero de *G. lucidum* se ha encontrado que contiene 15.6% de proteína (Wang y otros, 2002). No obstante, lo cierto es que la composición de aminoácidos de los hongos se compara muy bien a las proteínas animales (Vaz y otros, 2011) citado por (Cohen y otros, 2014).

G. lucidum contiene en su proteína diecisiete aminoácidos, de los cuales nueve son aminoácidos esenciales como treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina, histidina y arginina, mientras que los aminoácidos no esenciales presentes son ácido cisteico, ácido aspártico, serina, ácido glutámico, prolina, glicina, alanina y tirosina. En una investigación realizada por Cohen y otros (2014) sobre *G. lucidum*, se encontró que el contenido de aminoácidos totales en el micelio (15,14 mg/g) es significativamente mayor (5,4 veces), que el del cuerpo fructífero.

Con respecto a los lípidos, los hongos comestibles se componen principalmente de ácidos grasos insaturados (Sharif y otros, 2016), y *Ganoderma lucidum* presenta como ácidos grasos dominantes el ácido oleico y los ácidos esenciales linolénico y linoleico. Los otros ácidos grasos principales son ácidos γ -linolénico, palmitoleico y cis-10-heptadecenoico y los ácidos grasos saturados palmítico, esteárico, behénico y araquídico (Cohen y otros, 2014).

Se ha comprobado que los lípidos de las esporas en germinación de *G. lucidum* son muy efectivos (90% de inhibición) en la actividad antitumoral (Liu y otros, 2002). Por otro lado, debido a una posible sinergia entre sus constituyentes, aún no está claro cuál de los componentes de los ácidos grasos esenciales, pueden estimular las enzimas digestivas endógenas, y actuar como agentes antioxidantes y antimicrobianos (Linares, 2015).

Ganoderma lucidum también es una buena fuente de vitaminas B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B6 (piridoxina), B12 (cianocobalamina) y D; macrominerales (Potasio, calcio, fósforo, magnesio y sodio) y microminerales (hierro, selenio, manganeso, cobre, y zinc) (Chiu y otros, 2000; Cohen y otros, 2014; Meneses y otros, 2016).

Las vitaminas, especialmente las del complejo B, son nutrientes esenciales en los animales debido a que se forman coenzimas necesarias para reacciones fundamentales (Hill y otros, 2006). Los macrominerales son nutrientes esenciales, y mantienen el equilibrio ácido-base, la regulación osmótica del transporte de fluidos y oxígeno en el cuerpo. Los microminerales son nutrientes esenciales que tienen gran importancia por su participación en el sistema enzimático, específicamente en procesos catalíticos relacionados a las actividades enzimáticas que se asocian con los sistemas metabólico, endocrino e inmune (Sharif y otros, 2016).

Además, este hongo contiene varios ácidos orgánicos, como ácido acético, ácido butírico, ácido cítrico, ácido fumárico, ácido glucónico, ácido láctico, ácido málico, ácido oxálico, ácido propiónico, ácido quínico, ácido succínico y ácido tartárico (Meneses y otros, 2016). En relación a los ácidos orgánicos, se han realizado estudios en pollos broiler, cuyos resultados demostraron que pueden favorecer el crecimiento de las vellosidades intestinales, resultando en el incremento de la absorción de nutrientes (Paul y otros, 2007) y en la mejora de la conversión alimenticia (González, 2013).

Aunque existe un cierto debate sobre si *G. lucidum* puede considerarse un alimento, debido principalmente a su naturaleza fibrosa, consta predominantemente de agua, carbohidratos, grasa, proteínas y minerales esenciales; por lo tanto, al igual que todos los demás alimentos, consiste en macronutrientes, convirtiéndose en una excelente fuente de alimento funcional (Bishop y otros, 2015; Sharif y otros, 2016).

2.7. Componentes bioactivos de *G. lucidum*

Se han publicado más de 300 informes sobre los constituyentes químicos de *G. lucidum* y especies relacionadas. El cuerpo fructífero, los micelios y las esporas de *G. lucidum* contienen aproximadamente 400 compuestos bioactivos diferentes, que incluyen principalmente polisacáridos, lectinas, germanio orgánico (Ge), esteroides, esteroides, ácidos grasos, triterpenoides, proteínas / péptidas, vitaminas, nucleótidos y nucleósidos (Sanodiya y otros, 2009; Deepalakshmi y Mirunalini, 2011).

2.7.1. Compuestos terpenoides

Triterpenos

Los triterpenos son una subclase de terpenos, y en *Ganoderma lucidum*, son uno de los principales grupos de compuestos bioactivos que le confieren los diversos beneficios para la salud (Wachtel-Galor y otros, 2011). El hongo contiene más de 140 triterpenos diferentes aislados de cuerpos fructíferos, esporas y micelios cultivados (Yue y otros, 2010; Bishop y otros, 2015). Estos compuestos le dan al hongo el sabor amargo (Wachtel-Galor y otros, 2011) y la gran mayoría son ácidos ganodéricos (Sanodiya y otros, 2009).

Las esporas presentan contenidos considerablemente más altos de ácidos ganodéricos que otras partes del hongo (Wasser, 2005), y se han aislado triterpenos del tipo lanostano como los ácidos ganodéricos (γ , δ , ϵ , ζ , η , θ) (Sanodiya y otros, 2009). Otros estudios realizados con triterpenos aislados de *G. lucidum*, han demostrado actividad anti-inflamatoria y antitumoral (Liu y otros, 2002; Yue y otros, 2010). Así como destacadas actividades terapéuticas y farmacológicas sobre diversas enfermedades, incluido el cáncer (Li y otros, 2018; Suárez-Arroyo y otros, 2017).

2.7.2. Proteínas

Algunas proteínas con bioactividad también se han aislado de *Ganoderma lucidum*. La LZ-8 es una proteína de este tipo aislada y sus principales actividades biológicas se asemejan a las que tienen las lectinas, con capacidad mitogénica hacia células de bazo de ratón, linfocitos periféricos humanos y aglutinación de glóbulos rojos de oveja in vitro. (Huie y Di, 2004; Wasser, 2005; Sanodiya y otros, 2009).

Otra proteína con un contenido de azúcar relativamente bajo (una lectina) se ha extraído del micelio (GLL-M) así como del cuerpo fructífero (GLL-F) de *G. lucidum*, además se han encontrado tres tipos de proteínas bioactivas (LZP-1, LZP-2 y LZP-3) del cuerpo fructífero y esporas que mostraron actividad mitogénica (Huie y Di, 2004).

2.7.3. Compuestos nitrogenados

Nucleótidos y nucleósidos

El extracto de *G. lucidum* es rico en nucleósidos que incluyen adenosina, 5-desoxi-50 metilsulfonilad-nosina (Wasser, 2005; Sanodiya y otros, 2009), adenina y uracilo. Se sabe que los nucleósidos intervienen en la regulación y modulación de diversos procesos fisiológicos del cuerpo, que pueden funcionar a través de receptores purinérgicos y/o pirimidínicos. Además de ser precursores en la síntesis de ácidos nucleicos, estas bases también aumentan la proliferación celular y la respuesta inmune; Influyen en el metabolismo de los ácidos grasos (contribuyendo a la absorción de hierro en el intestino) y mejoran la reparación del tracto gastrointestinal después del daño (Gupta y otros, 2014).

2.7.4. Carbohidratos: polisacáridos

Al presente se han aislado más de 200 polisacáridos del cuerpo fructífero, micelio, esporas, y caldos de cultivo de *G. lucidum* (Huie, y Di, 2004). Los polisacáridos son moléculas de azúcar de cadena larga unidas por enlaces glucosídicos y la mayoría tienen un peso molecular que varía de 4×10^5 a 1×10^6 en la estructura primaria. (Sanodiya y otros, 2009; Bishop y otros, 2015).

Este hongo está compuesto por una significativa cantidad de polisacáridos, tales como β -D-glucanos, heteropolisacáridos y glicoproteínas, que han sido aislados y caracterizados, aparte de ser considerados los principales contribuyentes de su bioactividad. (Sanodiya y otros, 2009; Mohan y otros, 2016; Suárez-Arroyo y otros, 2017); y que por lo regular están formados por arabinosa, galactosa, glucosa, xilosa y manosa (Suárez-Arroyo y otros, 2017).

Los D-glucanos son polisacáridos de la molécula D-glucosa que pueden estar vinculados por enlaces glucosídicos α o β (Bhakta y Kumar, 2013). Los β -D-glucanos consisten en una columna vertebral lineal de grupos D--glucopiranosil con enlaces de β -(1 \rightarrow 3) con diferentes grados de ramificación.

Se han aislado β -D-glucanos hidrosolubles que contienen núcleos de glucano ramificado con enlaces (1 \rightarrow 3)- β , (1 \rightarrow 4)- β , y/o (1 \rightarrow 6)- β . Además de los β -D-glucanos solubles en agua, existen β -D-glucanos con cadenas de heteropolisacáridos de xilosa, manosa, galactosa, ácido urónico, y complejos de β -D-glucanos-proteína que están presentes al 10-50% en *G. lucidum* seco. También se han aislado algunos polisacáridos ligados a proteínas y glicoproteínas con bioactividad que contienen fucosa (Huie y Di, 2004; Wasser, 2005).

Los estudios demuestran que los polisacáridos de *G. lucidum* ejercen efectos antitumorales (Wang y otros, 2002), aparte de modular la función inmune, tanto in vivo como in vitro, promoviendo la función de las células presentadoras de antígeno, el sistema de fagocitos mononucleares, la inmunidad humoral y la inmunidad celular (Lin, 2005). Además, presentan bioactividad, que incluye efectos antiinflamatorios, hipoglucémicos, antiulcerosos, antioxidantes y hepatoprotectores (Wachtel-Galor y otros, 2011; Chithra y otros, 2016).

Los polisacáridos del hongo *Ganoderma lucidum* también han demostrado poseer actividad energizante al reducir de forma significativa la fatiga inducida (Zhao y otros, 2013) y el cansancio del músculo esquelético debido al estrés oxidativo inducido por el ejercicio exhaustivo en ratones (Zhonghui y otros, 2014).

2.7.5. Otros componentes

El extracto de Ganoderma lucidum contiene betaína (Sanodiya y otros, 2009), un metabolito ahorrador de metionina, que participa en las reacciones de metilación como donador de grupos metilo para la formación de sustancias como la creatina y la carnitina; y que tiene acción osmorreguladora, aumentando la retención de agua a nivel celular (Attia y otros, 2009; Egbuniwe y otros, 2018; Al-Sultan y otros, 2019).

G. lucidum también tiene un alto contenido de germanio (Ge), metal que ha sido asociado con acción antimutagénica, inmunomoduladora, y antitumoral (Chiu y otros, 2000). El hongo es rico en contenido de polifenoles y flavonoides con actividad antioxidante que incluye poder reductor (Agarwal y otros, 2012; Gupta y otros, 2014). Además, contiene esteroides, ciclo-octasulfuro, y cerebrósidos ((León, 2005; Wasser, 2005).

2.8. Estudios con *G. lucidum* en la industria pecuaria

En Nigeria, Ogbe y otros (2009) realizaron un experimento para estudiar el efecto del extracto acuoso de *Ganoderma lucidum* en broilers infectados a las seis semanas de edad, con parásitos coccidianos *Eimeria tenella*. Las aves fueron tratadas a las siete semanas de edad durante siete días consecutivos. La ganancia de peso final de las aves tratadas fue comparable a la de las aves no infectadas y se produjo un aumento compensatorio en el consumo de alimento. Los tratamientos con el extracto del hongo no afectaron negativamente el valor del hematocrito de los broilers infectados y no infectados. Además, hubo una reducción significativa ($P < 0,05$) en la producción de oocistos de *E. tenella* en las heces de las aves infectadas que fueron tratadas.

Investigaciones llevadas a cabo en el sector acuícola sugieren que la suplementación dietética con polisacáridos de *Ganoderma lucidum* regulan las funciones biológicas y fisiológicas de peces y crustáceos. Se ha encontrado que mejoran significativamente la supervivencia, el peso, la ganancia de peso y la conversión alimenticia de camarones y peces de agua dulce (Mohan y otros, 2015; Chithra y otros, 2016). Mohan y otros (2016) demostraron que mejoran significativamente el crecimiento, la eficiencia proteica, las composiciones bioquímicas musculares, el perfil de aminoácidos y ácidos grasos y la actividad de las enzimas digestivas; además, que elevan insignificamente la actividad de las enzimas metabólicas, alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST) del camarón gigante *Macrobrachium. rosenbergii*.

En otro estudio realizado en pollos broiler, Tenorio (2015) observó que, después de 5 semanas, la adición de 18 y 6 mg/kg (Peso Vivo) de *G. lucidum* condujo al incremento de la ganancia de peso corporal y a la disminución de la conversión alimenticia, respectivamente, en comparación

con el tratamiento testigo. Encontró que mejora la viabilidad, incrementa los niveles de linfocitos, regula la actividad de la enzima aspartato aminotransferasa (AST), mejora el rendimiento en pechuga y pierna y aumenta significativamente la rentabilidad económica. Concluyó sugiriendo que la adición de *G. lucidum* puede mejorar la productividad, estimular la inmunidad celular e incrementar la eficiencia fisiológica de los órganos del pollo de engorde.

2.9. Parámetros productivos

El objetivo de las empresas dedicadas a la crianza de broilers, es que estos alcancen su máximo potencial genético. Por eso es muy importante que los datos y los registros del comportamiento productivo de las aves sean consignados de forma correcta (Itza-Ortiz y Ciro-Galeano, 2016).

Los parámetros de la producción tienen gran importancia. Sin ellos sería difícil la toma de decisiones y daría lugar a que los sistemas de producción pierdan eficiencia. Por esta razón, las decisiones deben basarse en registros confiables (Itza-Ortiz y Ciro-Galeano, 2016).

Para calcularlos, los datos o registros del comportamiento productivo deben estar ordenados y deben ser de fácil comprensión para su posterior análisis. El desarrollo del potencial genético del ave será reflejado por la información obtenida (Itza-Ortiz y Ciro-Galeano, 2016). Algunos de los parámetros de producción más utilizados son:

Ganancia de peso (GP)

Muestra los gramos que han aumentado las aves en un período de tiempo. Para calcular la ganancia diaria de peso (GDP), las aves son pesadas semanalmente, para luego promediar y obtener el peso promedio inicial (PI) de la semana; a la semana siguiente se realiza el mismo

procedimiento para obtener el peso promedio final (PF) y la diferencia de ambos pesos es dividida entre el número de días; sin embargo, para obtener la ganancia de peso total (GP) se halla solo la diferencia del peso promedio final e inicial (Díaz y otros, 2007).

$$GDP = \frac{\text{Peso final (PF)} - \text{Peso inicial (PI)}}{\text{N}^\circ \text{ de días}}$$

$$GP = \text{Peso final (PF)} - \text{Peso inicial (PI)}$$

Consumo de alimento

Se calcula hallando el pienso consumido por las aves entre el total de aves vivas (Díaz y otros, 2007).

$$\text{Consumo alimento} = \frac{\text{Alimento suministrado} - \text{Alimento sobrante}}{\text{Total aves vivas}}$$

Conversión alimenticia

Las unidades de pienso consumidas por el ave para producir una unidad de producto (carne) son expresadas por la conversión alimenticia, en base a la cual, se habrá obtenido mayor rendimiento del producto si el valor de conversión hallado es el menor (Itza-Ortiz y Ciro-Galeano, 2016).

$$\text{Conversión alimenticia (kg/kg)} = \frac{\text{Consumo alimento promedio (kg/kg)}}{\text{Ganancia peso promedio}}$$

Mortalidad

Es la cantidad de aves muertas que se expresa en porcentaje y que es calculada por día o de forma acumulada; aunque las tablas de producción rara vez la incluyen (Itza-Ortiz y Ciro-Galeano, 2016).

$$\text{Mortalidad acumulada \%} = \frac{\text{Aves iniciales} - \text{Aves finales}}{\text{Aves iniciales}} * 100$$

Índice de Eficiencia Productiva (IEP)

Relaciona parámetros como; viabilidad, peso corporal, conversión alimenticia y edad, analizándolos de forma conjunta para obtener un valor que permita evaluar el lote con mayor eficiencia; valor que a partir de 200 definirá lotes que obtuvieron buen rendimiento y que menor a 200 definirá lotes que presentaron bajo rendimiento (Díaz y otros, 2007; Ortiz, 2018).

$$\text{IEP} = \frac{\text{Viabilidad (\%)} * \text{Peso promedio (kg)}}{\text{Edad (días)} * \text{Conversión alimenticia}} * 100$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó durante la estación de verano comprendida entre los meses de enero y abril, en la Empresa Avícola Laguna, ubicada en el Departamento de la Libertad, Provincia de Virú, distrito de Virú, localidad de San José altura Panamericana Norte Km. 512, con latitud sur de 08° 27' 54.6", longitud oeste de 78° 43' 0.1" y altitud 34 m.s.n.m. Presenta un clima cálido, una temperatura que oscila entre 17° y 34° C y una humedad relativa de 82 %.

3.2. Instalaciones

Se utilizó un galpón con lados abiertos y ventilación natural, dentro del cual se acondicionaron 16 corrales experimentales en un área de 4.0 x 12.0 m, para distribuir, bajo condiciones de cría intensiva, 30 aves por cada corral (10 aves por m²), sobre piso afirmado de tierra con cama de cascarilla de arroz. Los corrales de 2.0 x 1.5 m se construyeron utilizando vigas de madera, malla de metal y tela arpillera. El galpón y el área de los corrales se cubrieron con cortinas de tela arpillera para evitar filtraciones de aire y permitir el adecuado manejo de la ventilación.

Se usaron comederos BB tipo bandeja hasta la semana 2, y comederos colgantes tipo tolva hasta la semana 7. Se utilizaron bebederos BB tipo tazón hasta la semana 2 y bebederos colgantes tipo canaleta hasta el final del proceso.

3.3. Animales

Se alojaron 480 pollos BB mixtos de la línea genética Cobb500, de un día de edad hasta cumplir los 49 días, los mismos que fueron distribuidos en los corrales experimentales según correspondía a los 4 tratamientos, recibiendo durante las 7 semanas las mismas condiciones de manejo y alimentación.

3.4. Manejo de las aves

El manejo rutinario fue uniforme para todas las aves, el cual incluyó el manejo del agua de bebida (lavado de bebederos y administración) y del alimento (control de consumo, eliminación del sobrante, limpieza del comedero, distribución por la mañana y movimiento por las tardes para estimular el consumo), limpieza y mantenimiento de corrales, manejo de cortinas (de acuerdo a temperatura y ventilación del ambiente) y control de mortalidad.

3.5. Alimentación

3.5.1. Alimento

Las dietas han sido las mismas para todos los tratamientos, de acuerdo a cada fase. Las aves fueron alimentadas ad libitum, a diario y por las mañanas. Las dietas cubrieron los requerimientos nutricionales de las aves, según las recomendaciones para la línea Cobb500 (Cobb500, 2018) y fueron proporcionadas por la granja Avícola Laguna.

Las fórmulas alimenticias utilizadas para las fases inicio (0-21 días), crecimiento (22-35 días) y acabado (36-49 días) son mostradas en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Fórmulas alimenticias para broiler en Avícola Laguna.

Tipo de alimento	INICIO (01-21 días)	CRECIMIENTO (22-35 días)	ACABADO (36-49 días)
Maíz importado	59.10	59.00	54.83
Torta de soya 45 %	34.40	26.50	25.10
Aceite de palmiste	1.50	3.90	5.50
Torta de palmiste	0.00	6.00	10.00
Fosfato dicalcico	1.20	1.00	1.00
Carbonato de calcio	1.80	2.00	1.78
Bicarbonato de sodio	0.19	0.22	0.27
Sal	0.27	0.26	0.26
DL metionina	0.30	0.30	0.28
Lisina	0.35	0.35	0.30
Cloruro de colina	0.05	0.05	0.06
Treonina	0.14	0.10	0.27
Anticoccidial	0.05	0.05	0.00
Pigmentante	0.05	0.05	0.18
Bacitracina Zing 12%	0.15	0.02	0.03
Secuestrante	0.30	0.10	0.04
Premezcla broiler	0.15	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00
Valor nutritivo ¹			
Proteína (%)	21.80	18.51	18.20
Energía M. (kcal/kg)	3050	3100	3180
Calcio disponible (%)	1.08	1.04	0.95
Fosforo disponible (%)	0.95	0.56	0.54
Lisina digestible (%)	1.18	0.93	0.95
Metionina digestible (%)	0.76	0.40	0.35

Requerimientos nutricionales establecidos según Cobb500 (2018).

3.5.2. Agua

Se suministró a todas las aves, agua pura ad libitum, desde el día 1 hasta el final de la investigación. Para asegurar el consumo de agua, la altura de los bebederos fue regulada de acuerdo a la altura del dorso de las aves según su crecimiento.

El agua de bebida fue el medio por el cual se administraron los tratamientos establecidos.

3.5.3. Aplicación del extracto de *G. lucidum* en el agua de bebida

El extracto en polvo soluble de *G. lucidum* fue adicionado al agua de bebida durante 7 días consecutivos, en las semanas 1, 2, 4 y 6 de edad.

Antes de la adición del producto y con la finalidad de producir en las aves una hora de sed, se cortó el acceso continuo de agua hacia los bebederos de todos los tratamientos, desde las 7:00 hasta la 8:00 a. m. asegurando de esta manera, el consumo de todo el producto.

Para calcular la cantidad de producto a suministrar, se multiplicó el peso corporal promedio (PC) de las aves, en la respectiva semana, por la dosis indicada según cada tratamiento. Después el producto dosificado se diluyó en agua (1/3 del total de agua consumida por las aves durante el día). Posteriormente el producto diluido se distribuyó en los bebederos según los tratamientos T1, T2 y T3 y se suministró agua pura en los bebederos del tratamiento control T0.

Finalmente, luego de ser consumido totalmente el producto en un tiempo máximo de 2 horas, se permitió nuevamente el acceso de agua pura hacia los bebederos.

3.6. Toma de muestras

En el día 1, en un laboratorio privado se sacrificaron 64 pollos BB (16 aves por tratamiento), lugar en donde se realizaron las pruebas hematológicas (Hb) y bioquímicas (ALT/GPT y AST/GOT).

Las siguientes mediciones fueron a través de las muestras de sangre obtenidas en los días 8, 29, 42 y 50 de edad, a través de punción de la vena braquial. Se extrajo por ave, 2.5 ml de sangre; de la cual fue depositada inmediatamente, 1 ml en un tubo Minicollect (1 ml de capacidad) con anticoagulante K3E-EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) para la determinación de las constantes hematológicas y 1.5 ml en un tubo Vacuette (3 ml de capacidad) sin anticoagulante para la determinación del perfil metabólico.

Por cada tratamiento se tomaron 16 muestras de sangre (8 aves), haciendo un total de 64 muestras. Las muestras fueron refrigeradas y enviadas para su análisis al laboratorio Medivet.

3.6.1. Constantes hematológicas

- **Hemoglobina (Hb):** para la determinación de los valores de Hb se utilizó el método de la espectrofotometría.

3.6.2. Perfil transaminasas

- **ALT/GPT y AST/GOT:** la actividad de estas enzimas se midió de acuerdo con el método de la espectrofotometría.

3.7. Variable independiente

Extracto en polvo soluble del hongo *Ganoderma lucidum*

Para el estudio se utilizó el producto comercial Ganoderma 365 de la empresa Ganolife™.

Tamaño de porción por sobre: 21 g

Ingredientes: extracto de Ganoderma 365, sustituto de crema (proteína láctea, jarabe de glucosa, estabilizantes (E40ii), emulsificante (E471), antiaglutinante (E551) colorante (E160a) y saborizante.

3.8. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la adición del extracto en polvo del Hongo *Ganoderma lucidum* al agua de bebida en las semanas 1, 2, 4 y 6.

* PC = Peso corporal promedio del ave.

T0: Control (Sin extracto de *G. lucidum*.)

T1: 6 mg de extracto de *G. lucidum* /kg de PC* de la semana.

T2: 12 mg de extracto de *G. lucidum* /kg de PC de la semana.

T3: 18 mg de extracto de *G. lucidum* /kg de PC de la semana.

3.9. Variables dependientes

El control del consumo y de la mortalidad se realizó a diario y la medición del peso corporal cada semana desde el día 1. La evaluación de las variables se efectuó al finalizar la ejecución del experimento:

Productivas

- Peso corporal final, g
- Ganancia de peso final, g
- Consumo de alimento total, g
- Conversión alimenticia final, kg/kg
- Mortalidad total, %

Rendimiento fisiológico

- Hemoglobina (Hb) diferencial

$$\text{Hb diferencial} = \text{Hb final} - \text{Hb inicial}$$

- Perfil transaminasas: ALT/GPT y AST/GOT

ALT diferencial = ALT final – ALT inicial

AST diferencial = AST final – AST inicial

Eficiencia productiva

- Índice de eficiencia productiva (IEP)

$$\text{IEP} = \frac{\text{Viabilidad (\%)} * \text{Peso promedio (kg)}}{\text{Edad (días)} * \text{Conversión alimenticia}} * 100 \text{ (Ortiz, 2018).}$$

Eficiencia económica

- Rentabilidad, %.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingreso total} - \text{Costo total}}{\text{Costo total}} * 100 \text{ (Sánchez, 2019).}$$

- Relación Costo/Beneficio (C/B)

$$\text{C/B} = \frac{\text{Ingreso por kg ave}}{\text{Costo total ave / Peso promedio ave}} \text{ (Pardo, 2009).}$$

3.10. Diseño experimental y análisis estadístico

Las aves se distribuyeron a través de un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo cada unidad experimental 30 aves. Los resultados en cada variable fueron comprobados a través del análisis de varianza ANOVA y los promedios se compararon con la prueba de Tukey. La ecuación lineal utilizada fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}, \text{ donde:}$$

Y_{ij} = Variable a medir.

μ = Promedio general.

T_i = Efecto de los tratamientos.

E_{ij} = Error Experimental.

IV. RESULTADOS

4.1. Rendimiento productivo

Los promedios finales de consumo de alimento, peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad respecto a los tratamientos T0, T1, T2 y T3 (0 mg, 6 mg, 12 mg y 18 mg del extracto de *Ganoderma lucidum*/kg de peso corporal, respectivamente), son presentados en el cuadro 8. Se observa que, después de 49 días, se han generado respuestas diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos para todos los parámetros evaluados y que T3, el tratamiento con el mayor nivel de inclusión del extracto, obtuvo los mejores resultados.

Cuadro 8. Efecto de *Ganoderma lucidum* sobre el rendimiento productivo.

Parámetros	Tratamientos ¹			
	T0	T1	T2	T3
Consumo de alimento, g	4040,46c	4137,26b	4167,18ab	4222,04a
Peso final, g	2101,00c	2296,23b	2318,42b	2412,40a
Ganancia de peso, g	2061,92c	2257,41b	2279,69b	2374,20a
Conversión alimenticia	1,96c	1,83b	1,83b	1,78a
Mortalidad, %	10,00b	0,83a	2,50a	0,00a

^{abc} Promedios con letra distinta en la misma fila difieren significativamente entre sí ($p < 0.05$) por la prueba de Tukey.

¹ Tratamientos: (T0= (Control) Sin extracto de *Ganoderma lucidum*, T1= 6 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida, T2= 12 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida, T3= 18 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida).

Consumo de alimento

En la figura 1 se muestra el consumo promedio de alimento según cada tratamiento, observándose que se generaron respuestas diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos y que los tratamientos suplementados presentan mejores resultados que los obtenidos por el tratamiento control T0. También, se aprecia que el tratamiento T3 obtuvo el mayor consumo de alimento (4222,04 g).

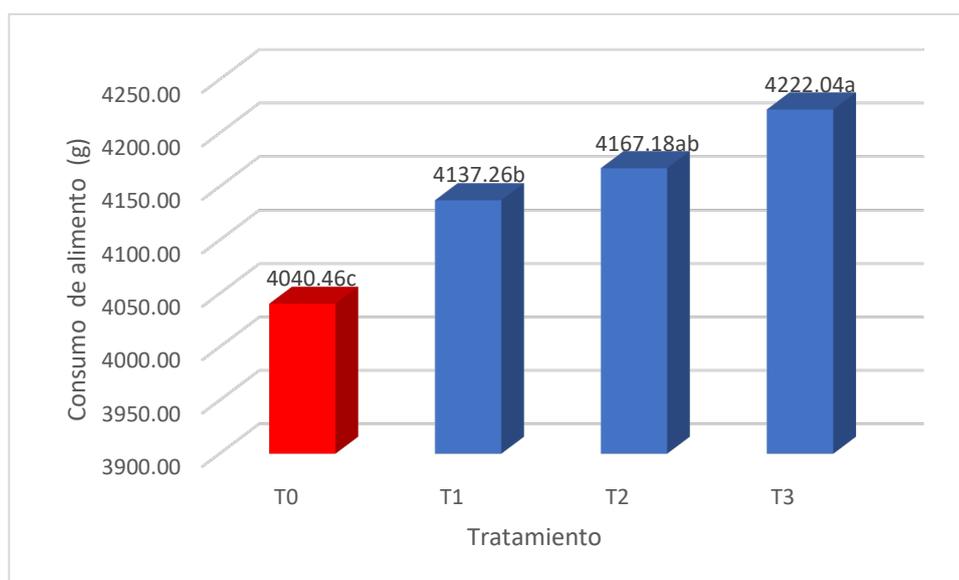


Figura 1. Consumo promedio según cada tratamiento (49 días).

Peso y Ganancia de Peso corporal

En las figuras 2 y 3 se muestran los promedios finales de peso corporal y ganancia de peso, respectivamente, según cada tratamiento; observándose que se generaron respuestas diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos y que los tratamientos suplementados presentan mejores resultados que el control T0. También, se aprecia que el tratamiento T3 obtuvo mayor peso corporal (2412,40 g) y mayor ganancia de peso corporal (2374,20 g)

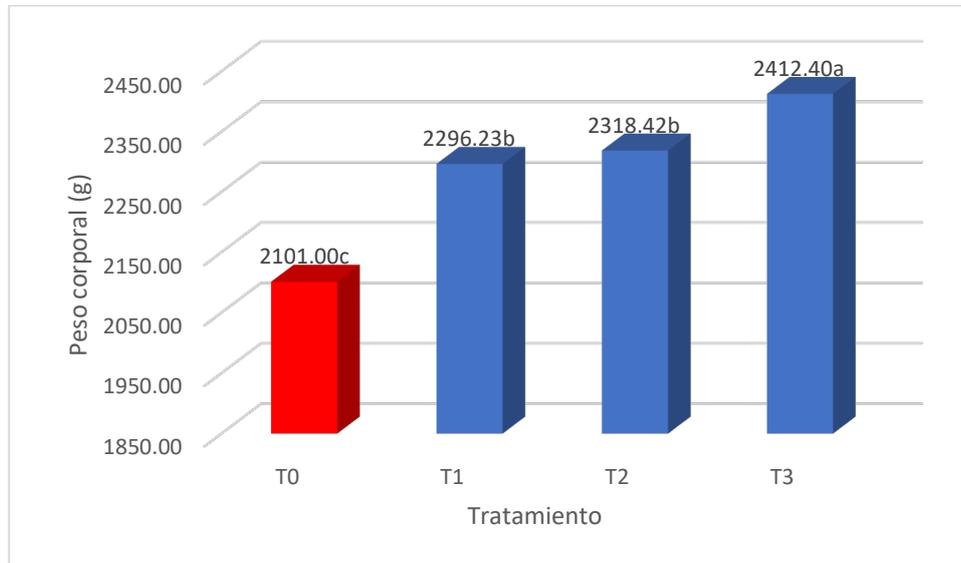


Figura 2. Peso corporal según cada tratamiento (49 días).

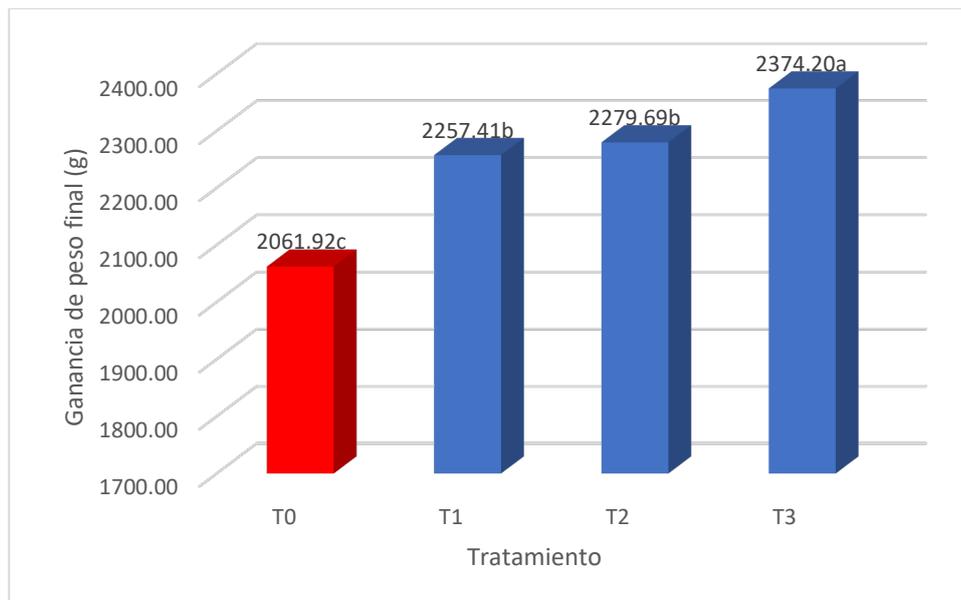


Figura 3. Ganancia de peso según cada tratamiento (49 días).

Conversión alimenticia

En la figura 4 se muestra el promedio final de conversión alimenticia según cada tratamiento, observándose que se generaron respuestas diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos y que los tratamientos suplementados presentan mejores resultados que el grupo control T0. También, se aprecia que el tratamiento T3 obtuvo la mejor conversión alimenticia (1,78).

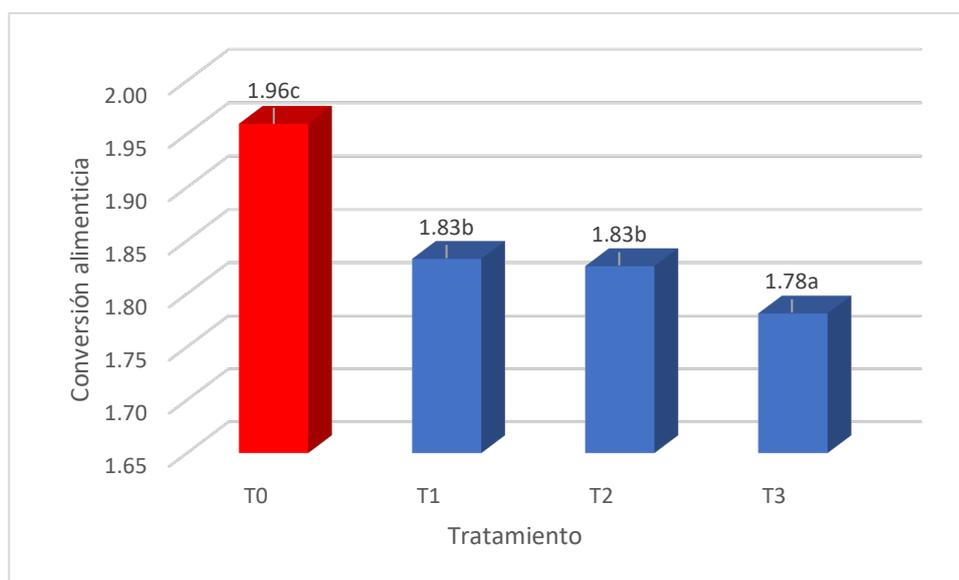


Figura 4. Conversión alimenticia según cada tratamiento (49 días).

Mortalidad

En la figura 5 se muestra el promedio del porcentaje de mortalidad total según cada tratamiento, observándose que se generaron respuestas diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos y que los tratamientos suplementados presentan menor porcentaje de mortalidad que el grupo control T0. También, se aprecia que el tratamiento T3 obtuvo el mejor resultado (0,00%).

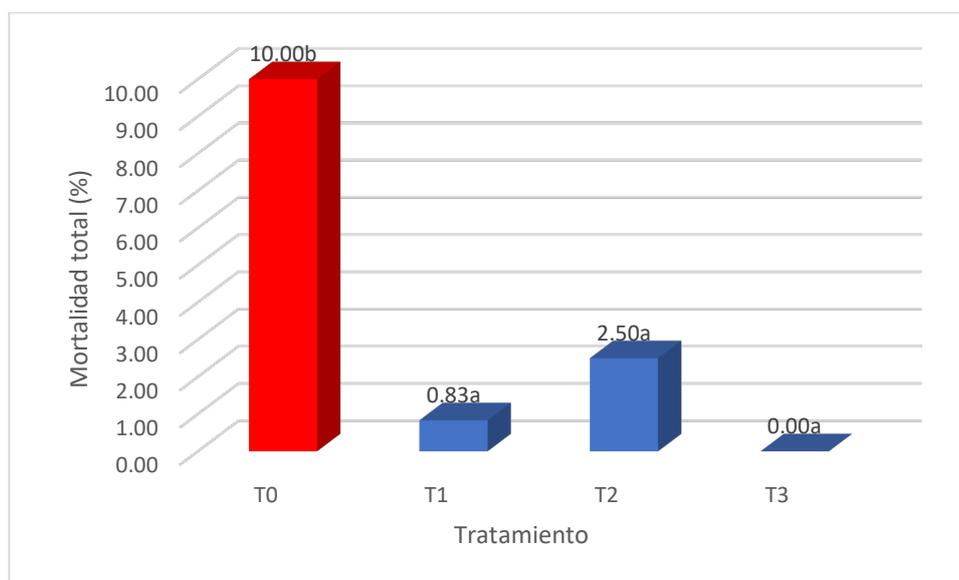


Figura 5. Mortalidad total según cada tratamiento (49 días).

4.2. Rendimiento fisiológico

Los promedios de hemoglobina diferencial, ALT diferencial y AST diferencial son presentados en el cuadro 9. Se observa que, después de 49 días, se generaron respuestas diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos, con excepción del parámetro ALT diferencial.

Cuadro 9. Efecto de *G. lucidum* sobre el rendimiento fisiológico.

Parámetros	Tratamientos ¹			
	T0	T1	T2	T3
Hb diferencial, g.dL ⁻¹	-4,93c	-0,80a	-3,10b	-2,40b
ALT diferencial, UI/L	-6,23a	-11,48a	-8,78a	-19,10a
AST diferencial, UI/L	-1,72b	-46,57a	-52,57a	-14,27b

^{abc} Promedios con letra distinta en la misma fila difieren significativamente entre sí ($p < 0.05$) por la prueba de Tukey.

¹ Tratamientos: (T0= (Control) Sin extracto de *Ganoderma lucidum*, T1= 6 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida, T2= 12 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida, T3= 18 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida).

Hemoglobina

En la figura 6 se muestran los promedios de hemoglobina diferencial en función de los niveles de hemoglobina según cada tratamiento. Se observa que se generaron respuestas diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos suplementados y el tratamiento control T0. También, se puede apreciar que los tratamientos T1 y T3 obtuvieron los valores más altos de la variable hemoglobina diferencial.

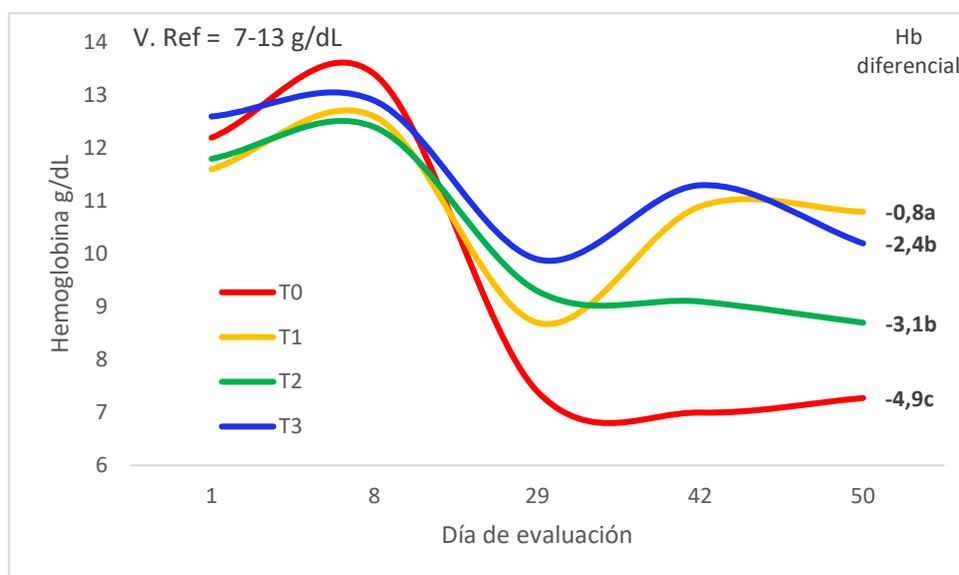


Figura 6. Hemoglobina y Hb diferencial (día 1 - día 50).

ALT y AST

En las figuras 7 y 8 se muestran los promedios de ALT diferencial y AST diferencial, respectivamente, en función de los niveles de las enzimas ALT/GPT y AST/GOT, según cada tratamiento. Después de 49 días, aunque no se han generado respuestas diferentes ($p > 0.05$) entre los tratamientos para ALT diferencial, sí existe significancia estadística ($p < 0.05$) entre los tratamientos para AST diferencial, observándose que los tratamientos T0 y T3 obtuvieron los valores más altos de esta variable.

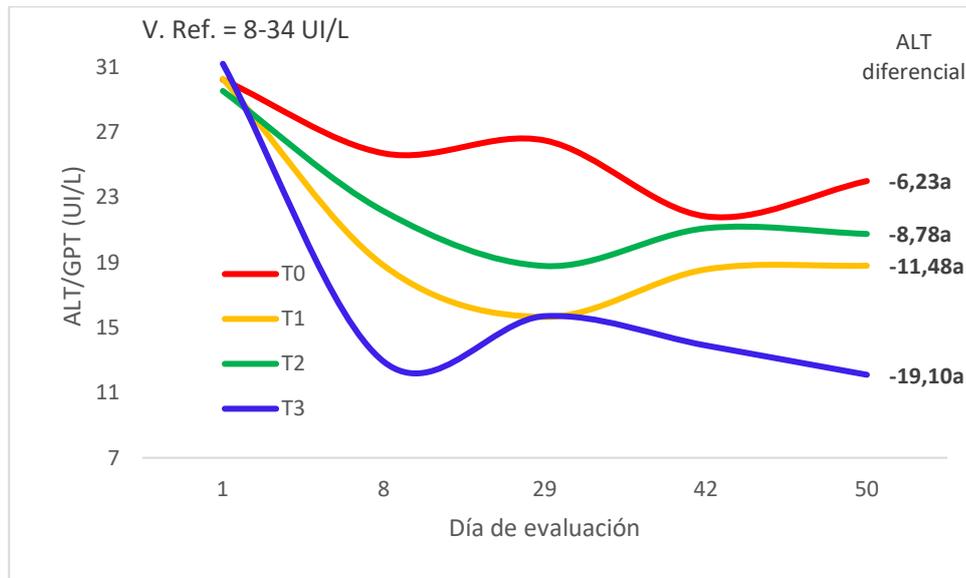


Figura 7. ALT/GPT y ALT diferencial (día 1 - día 50).

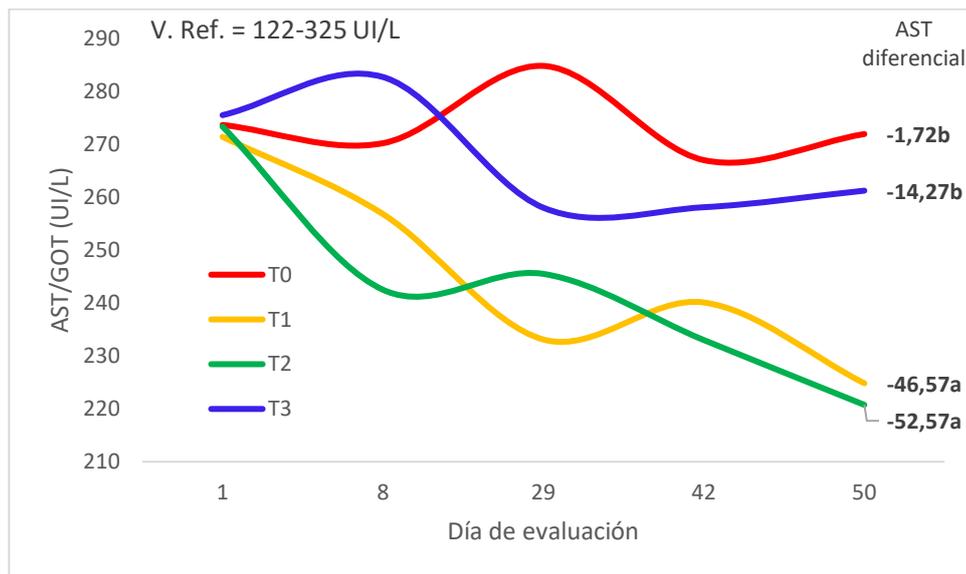


Figura 8. AST/GOT y AST diferencial (día 1 - día 50).

4.3. Eficiencia productiva

Los promedios finales del índice de eficiencia productiva (IEP) son presentados en el cuadro 10. Se observa que después de 49 días el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento T3 (276,9).

Cuadro 10. Efecto de *G. lucidum* sobre la eficiencia productiva.

Parámetros	Tratamientos ¹			
	T0	T1	T2	T3
Índice E. Productiva	196,93	253,56	252,37	276,85

¹ Tratamientos: (T0= (Control) Sin extracto de *Ganoderma lucidum*, T1= 6 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida, T2= 12 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida, T3= 18 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de bebida).

4.4. Eficiencia económica

El análisis del beneficio económico es presentado en el cuadro 11. Se observa que el tratamiento T3 obtuvo menor costo por kg (S/ 3,73), así como mayor rentabilidad (28,81%) y mejor relación costo/beneficio (1,29).

Cuadro 11. Efecto de *G. lucidum* sobre el beneficio económico.

	Tratamientos ¹			
	T0	T1	T2	T3
Costos				
Precio broiler BB, S/	1,40	1,40	1,40	1,40
Costo alimentación, S/	5,58	5,71	5,75	5,84
Costo <i>G. lucidum</i> , S/		0,002	0,004	0,006
Otros gastos (18)%, S/	1,75	1,75	1,75	1,75
Costo total por ave, S/	8,73	8,86	8,90	8,99
Costo por kg ave, S/	4,20	3,87	3,83	3,73
Ingresos				
Peso vivo, kg	2,08	2,29	2,32	2,41
Precio venta kg ave, S/	4,80	4,80	4,80	4,80
Ingreso x ave, S/	9,98	11,00	11,16	11,58
Beneficio	1,26	2,14	2,25	2,59
Beneficio x kg ave, S/	0,60	0,93	0,97	1,07
Rentabilidad, %	14,42	24,10	25,28	28,81
Relación C/B	1,14	1,24	1,25	1,29

¹ Tratamientos: (T0= (Control) Sin extracto de *Ganoderma lucidum*, T1= 6 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de b., T2= 12 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de b., T3= 18 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de b.).

V. DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento productivo

Consumo de alimento

La primera respuesta fisiológica del ave a las altas temperaturas es la disminución del apetito para reducir el calor metabólico. Este estudio se realizó en el verano y la mejora del consumo de alimento ($p < 0.05$) en los broilers suplementados, sugiere que *Ganoderma lucidum* alivia los efectos del estrés calórico. Coincidentemente, Wang y otros (2008) observaron que la acción antioxidante de los extractos vegetales aumenta el consumo de alimento, porque alivia los efectos del estrés oxidativo que altera la integridad celular. Los polisacáridos de *G. lucidum* son energizantes (Zhao y otros, 2013) e incrementan la actividad de las enzimas antioxidantes protegiendo las funciones celulares (Al-Zuhariy y Hassan, 2017), entre las cuales, se incluiría la vasodilatación en el endotelio (Vytak y otros, 2016), resultando en el aumento del flujo sanguíneo hacia los pulmones. *G. lucidum*, también contiene betaína, que regula la osmosis celular manteniendo el equilibrio hídrico (Al-Sultan y otros, 2019), protege significativamente la integridad de la membrana de los eritrocitos (Egbuniwe y otros, 2018) y disminuye la frecuencia respiratoria, que da lugar al aumento de Hb y a la disminución del pH (Attia y otros, 2009), revirtiéndose así, la alcalosis respiratoria. Nuestros resultados se deberían a que estos efectos habrían aumentado la capacidad de transporte de oxígeno, normalizando la temperatura corporal y ventilación pulmonar, produciéndose la mejora del consumo de alimento.

Peso y ganancia de peso corporal

Los resultados muestran que la suplementación aumentó el peso y la ganancia de peso corporal ($p < 0.05$). Lo cual, se explicaría en parte por la normalización del consumo de alimento. Asimismo, se debería a las

enzimas crudas (xilanasas y beta-glucanasas) presentes en *G. lucidum*. Las enzimas actúan sobre los carbohidratos complejos del contenido digestivo liberando proteínas y descomponiéndolos en fracciones de azúcar fácilmente digestibles (energía metabolizable). Ogbe y Alu, (2014) reportaron que al utilizar *Ganoderma* sp. se obtienen aves con mayor ganancia de peso que las tratadas con enzimas comerciales. También, se debería al efecto prebiótico de los polisacáridos, corroborado en el ensayo de Guo y otros, (2004), demostrando que incrementan el número de bacterias benéficas cecales (bifidobacterias y lactobacilos) y reducen el de las potencialmente dañinas (*Bacteroides* spp. y *Escherichia coli*) aumentando la ganancia de peso ($p < 0.05$). Asimismo, Giannenas y otros, (2011), comprobaron que incrementan la altura de las vellosidades intestinales en duodeno, yeyuno e íleon ($p < 0.05$) y aumentan la ganancia de peso corporal ($p < 0.05$). Al equilibrar la biota intestinal mejora la función gastrointestinal y la digestibilidad, y al afectar positivamente la morfología intestinal mejora la salud intestinal y la eficiencia para absorber nutrientes (Giannenas y otros, 2011), obteniendo mayor peso y ganancia de peso corporal en concordancia con el resultado obtenido en el presente estudio,

Conversión alimenticia

En comparación con el control T0, la inclusión del extracto disminuyó significativamente la conversión alimenticia, sobre todo en T3 que mejoró 2,8%, 3,1% y 10,2% ante T2, T1 y T0 respectivamente, debido a su mayor ganancia de peso corporal. Se considera una mejor conversión alimenticia entre menor sea esta. Coincidiendo con estos resultados, Ali y otros (2017) demostraron que el uso de hongos comestibles disminuye la conversión alimenticia significativamente. De igual forma, Giannenas y otros (2010) reportaron que la inclusión de hongos mejora la conversión alimenticia ($p < 0.05$) en comparación con el tratamiento control, por el incremento en la ganancia de peso corporal.

Mortalidad total

La disminución significativa de la mortalidad con la inclusión del extracto, bajo condiciones estresantes de calor y humedad, donde el tratamiento T3 no presentó decesos, estaría relacionada con la ayuda brindada por el aporte nutricional de *G. lucidum*, para que los broilers mejoren la capacidad de disipación del calor corporal, a través de sus propiedades energizantes, antioxidantes y osmoreguladoras (Tenorio, 2015). Además, Guo y otros (2004) refieren que los polisacáridos de hongos disminuyen la mortalidad por sus efectos antibacterianos, antivirales y antiparasitarios. Oderdonk y otros, (1992) citados por Cheng y otros (2004) observaron que los β -D-glucanos, con sus propiedades antibacteriales, reducen la mortalidad. Asimismo, Arce y otros (2014) demostraron que los polisacáridos de las paredes celulares disminuyen la mortalidad de los broilers que se encuentran sometidos a estrés por calor.

5.2. Rendimiento fisiológico

Hemoglobina (Hb)

La diferencia de los niveles de hemoglobina entre el control T0, en el que disminuyó significativamente, y los broilers suplementados, se debe a que estos últimos presentan un mayor número de eritrocitos (anexo 1), cuyas membranas habrían sido protegidas, por el extracto, del estrés oxidativo y de la consiguiente peroxidación lipídica (Oluba y otros, 2014), asegurando así, mayor disposición de oxígeno para todas las células, el mantenimiento del pH sanguíneo por la Hb y la contribución para la recuperación de la estabilidad homeostática. Apoyando este resultado, Ahmed y Aslam (2018) demostraron que el extracto de *G. lucidum* tiene efecto significativo sobre los niveles de hemoglobina, debido a su potente efecto antioxidante que previene la destrucción de eritrocitos por los radicales libres.

ALT y AST

La enzima ALT/GPT se encuentra en el citosol de las células del hígado y la AST/GOT en la mitocondria y citosol, principalmente del músculo esquelético, músculo cardíaco e hígado (Schmidt y otros, 2010). Sus actividades se utilizan como marcadores de necrosis celular.

El extracto disminuyó, dentro de los valores normales, los niveles de ALT/GPT y AST/GOT en comparación a T0; sin embargo, solo disminuyó significativamente para AST/GOT en T1 y T2. Yalcinkaya y otros (2008) mostraron que AST/GOT disminuyó ($p < 0.05$) adicionando 0.15% de oligosacáridos, sugiriendo que la disminución de ALT/GPT y AST/GOT a niveles normales indica el metabolismo no patológico del hígado y el corazón, relacionado con aves más saludables. Se ha asociado una mayor eficiencia fisiológica de hígado y corazón al efecto antioxidante de los hongos en aves (Shamsi y otros, 2015; Tenorio, 2015).

Aunque en T3, el nivel de AST/GOT fue mayor ($p < 0.05$) que los de T1 y T2, también obtuvo la mayor ganancia de peso, que representaría la recuperación del equilibrio metabólico. Lo cual se explica con el estudio de Sandoval (1999), donde entre los broilers bajo estrés, suplementados con un hepatoprotector, el grupo que obtuvo el mayor nivel de AST/GOT ($p < 0.05$), también obtuvo mayor ganancia de peso corporal, como consecuencia de la mayor tasa metabólica muscular, debido a que el aditivo contiene sustancias que favorecen la regeneración de tejidos. En ese sentido, componentes como aminoácidos, nucleótidos, coenzimas y vitaminas del complejo B, que ayudan a la regeneración de los tejidos (Sandoval 1999), están contenidos en notables cantidades en *G. lucidum*, además, se han demostrado sus actividades antioxidantes y hepatoprotectoras (Agarwal y otros, 2012; Zhang y otros, 2002); que habrían conducido a un estado de homeostasis a los órganos, reflejado en las variables hematológicas y bioquímicas del presente estudio.

5.3. Eficiencia productiva

El índice de eficiencia productiva (IEP) engloba a todas las variables en un solo factor para su análisis; un valor superior a 200 es considerado bueno y mayor a 270, excelente (Ortiz, 2018). Sin embargo, el control T0 obtuvo un valor menor (196) a diferencia de los broilers suplementados con el hongo *G. lucidum*, en los cuales mejoró el IEP, específicamente en los del tratamiento T3 que presentaron mejor eficiencia (277) debido a su óptima viabilidad (100%) y mayor eficiencia productiva en relación a conversión alimenticia y ganancia de peso, Esto sugiere mayor capacidad del tratamiento T3 en el uso del alimento, lo que demostraría su alta tasa metabólica muscular.

5.4. Eficiencia económica

En los tratamientos que incluyen al extracto de *G. lucidum* se encontró una mayor rentabilidad económica, entre los cuales, T3 presentó los mejores resultados, obteniendo una rentabilidad de 28,81% en comparación al tratamiento control T0 que obtuvo 14,42%. Además, en T3, el costo para producir un kg de carne disminuyó 11,2% con relación al tratamiento T0. Con la inclusión del extracto, el tratamiento T3 obtuvo mayor eficiencia fisiológica y productiva, que influyó para que también presente mayor eficiencia económica, al mostrar que, por cada sol invertido, se obtiene S/. 0,29 de ganancia.

VI. CONCLUSIONES

La inclusión del extracto de *Ganoderma lucidum* en la dieta de broilers mejoró significativamente el rendimiento fisiológico en base a la diferencial de hemoglobina y diferencial de transaminasa AST.

La inclusión del extracto *G. lucidum* en la dieta de broilers generó mejora significativa en los parámetros productivos tales como peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad.

La inclusión del extracto de *G. lucidum* en la dieta de broilers mejoró la eficiencia económica como la relación costo/beneficio y la rentabilidad.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de *G. lucidum* para la mejora de los parámetros productivos en la crianza del broiler.

Medir el estrés oxidativo como complemento a la evaluación del rendimiento fisiológico en broilers.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, K., Chakarborthy, G.S., Verma, S. 2012. In vitro antioxidant activity of different extract of *Ganoderma lucidum*. DHR Int. J. Pharm. Sci. 3(1):48-54.
- Ahmed, H., Aslam, M. 2018. Effect of *Ganoderma lucidum* (Reishi) on hematological parameters in Wistar rats. Int. J. Med. Res. Health Sci. 7(3):151-157.
- Al-Sultan, S.I., Abdel-Raheem, S.M., Abd-Allah, S.M.S., Edris, A.M. 2019. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of novel feed additive combinations. Slot. Vet. Res. 56(S-22):269-279.
- Al-Zuhariy, M.T.B., Hassan, W.H. 2017. Hepatoprotective and Immunostimulatory effect of *Ganoderma*, *Andrographolide* and *Turmeric* against aflatoxicosis in broiler chickens. Int. J. of Poult. Sci. 16(7):281-287.
- ALA-Asociación Latinoamericana de Avicultura. 2018. El éxito del huevo y la carne de pollo, a partir de un largo e intrincado camino recorrido y por recorrer. Boletín 142, (46). Enero 2018, Publicaciones [En línea]: (<https://www.avicolatina.com/2014-01-28-14-10-31/boletines-antteriores?start=40>, Boletines, 20 Nov. 2019).
- Alcedo, G. 2016. Los retos y oportunidades de la industria avícola en américa latina. [En línea]: (<http://es.alltech.com/blog/posts/los-retos-y-oportunidades-de-la-industria-avicola-en-america-latina>, Posts, 20 Oct. 2019).

- Ali, J., Yeasmin, T., Yousuf Ali, Md., Sharmin, M.M., Afroz, M.F. 2017. Dietary effect of mushroom (*Agaricus bisporus*) powder on growth performance of commercial broiler. Asian Australas. J. Biosci. Biotechnol. 2(1):120-127.
- APA–Asociación Peruana de Avicultura. 2019. indicadores del sector avícola. [En línea]: (<http://www.apa.org.pe/publicaciones/servicios/>, Estadística, 10 Dic. 2019).
- Arce, J., Ávila, E., López, C., García, A., García, F. 2014. Respuesta al estrés por calor con el uso de paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de pollos de engorda. [En línea]: (<http://www.engormix.com/avicultura/articulos/respuesta-estres-calor-con-t30738.htm>, Artículos técnicos, 08 Jul. 2019).
- Arrieta, D., Pérez-Arévalo, M., Gómez, C., Molero, G., Novoa, E., Rincón, H., Ascanio, E. 2006. Efecto del alimento contaminado con aflatoxina B1 (0,07 mg/kg) sobre la morfología hepática y actividad enzimática sérica (AST y ALT) en pollos de engorde. Rev. Científica FCV-LUZ. 16(1):39-47.
- Asadi-Dizaji, A., Habib A.S., Shaddel–Tili, A., Maheri-Sis, N., Jamshid, G.G. 2014. Effect of common mushroom (*Agaricus bisporus*) levels on growth performance and carcass yields of Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*). Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 3(7):1-5.
- Asensio, E.A. 2009. Fisiología aviar. Lleida, España. Ed. Universitat de Lleida. p. 7-18.
- Asmat, C. 2018. Sector avícola elevaría ritmo de crecimiento en el año 2018; del 26 de febrero al 2 de marzo del 2018. Departamento de estudios económicos-Scotiabank. Report. sem. econom. 19(8):5-6.

- Asmat, C. 2019. Mercado avícola mantiene su dinamismo; del 30 de setiembre al 4 de octubre del 2019. Departamento de estudios económicos-Scotiabank. Report. sem. econom. 29(36):2-3.
- Attia, Y.A., Hassan, R.A., Qota, E.M.A. 2009. Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics 1: Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. Trop. Anim. Health Prod. 41:807-818.
- Barreto, M.S.R. 2007. Uso de extratos vegetais como promotores do crescimento em frangos de corte; Dissertação Mestre Agronomia. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz. 51 p.
- Beitz, D.C. 2007. Metabolismo de proteínas y aminoácidos. In: Fisiología de los animales domésticos de Dukes. Ed. Por M.J. Swenson, W.O. Reece. México, D.F. Limusa S.A. 516 p.
- Bhakta, M., Kumar, P. 2013. Mushroom polysaccharides as a potential prebiotic. Int. J. Health. Sci. Res. 3(8):77-84.
- Bilgili, S.F. 2017. Miopatías en pollos de engorde. Rev. AviNews A. Latina Junio:67-72. [En línea]: (avicultura.info/miopatias-en-pollos-de-engorde/, Nutrición animal, 12 Ene. 2020).
- Bishop, K.S., Kao, C.H., Xu, Y., Glucina, M.P., Paterson R.R.M., Ferguson, L.R. 2015. From 2000 years of *Ganoderma lucidum* to recent developments in nutraceuticals. Phytochemistry. 114:56-65.
- Borsa, A., Kohayagawa, A., Boretti, L.P., Saito, M.E., Kuibida, K. 2006. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 58(4):675-677.

- Cardoso, A.L.S.P., Tessari, E.N.C. 2003. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. Arq. Inst. Biol., São Paulo. 70(4):419-424.
- Carvajal, L. 2016. Efecto del consumo de propóleo sobre parámetros zootécnicos en pollos de engorde en el municipio de Fusagasugá. Tesis Ing. Zootecnista. Fusagasugá, Colombia. Universidad de Cundinamarca. 64 p.
- Castilla, R.S. 2015. Hongos Superiores como fuente de salud. Trabajo de fin de Grado. Madrid, España. Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. 19 p.
- Catalá-Gregori, P. 2007. Alternativas a los antibióticos en el pollo de engorde. Rev. Ganadería., Madrid. 7(46):46-50.
- Chen, S.D., Hsieh, M.C., Chiou, M.T., Lai, Y.S., Cheng, Y.H. 2008. Effects of fermentation products of *Ganoderma lucidum* on growth performance and immunocompetence in weanling pigs. Arch. Anim. Nutr. 62(1):22-32.
- Cheng, Y.H., Lee, D.N., Wen, C.M., Weng, C.F. 2004. Effects of β -glucan supplementation on lymphocyte proliferation, macrophage chemotaxis and specific immune responses in broiler. Asian Aust. J. Anim. Sci. 17(8):1145-1149.
- Chithra, E., Padmanaban, A.M. Mohan K. 2016. Potential use of *Ganoderma lucidum* polysaccharides as a feed supplement in diets on survival and growth performance of the grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. Int. J. Fish. Aquat. Studies. 4(5):328-333.
- Chiu, S.W., Wang, Z.M., Leung, T.M., Moore, D. 2000. Nutritional value of *Ganoderma* extract and assessment of its genotoxicity and

antigenotoxicity using comet assays of mouse lymphocytes. *Food Chem. Toxicol.* 38(2):173-178.

Cobb500. 2018. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde. Cobb Vantress. Suplemento. 14p.

Cohen, N., Cohen, J., Asatiani, M.D., Varshney, V.K., Yu, H.T., Yang, Y.C., Li, Y.H., Mau, J.L., Wasser, S.P. 2014. Chemical composition and nutritional and medicinal value of fruit bodies and submerged cultured mycelia of culinary-medicinal higher Basidiomycetes mushrooms. *Int. J. Med. Mushr.* 16(3):273-291.

Dalle, A., Celia, C., Szendro, ZS. 2016. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *J. Liv. Sci.* 2016(189):82-90.

Deepalakshmi, K., Mirunalini, S. 2011. Therapeutic properties and current medical usage of medicinal mushroom: *Ganoderma lucidum*. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 2(8):1922-1929.

Dereser Puyana, L., Betancourt, L. 2015. Factores relacionados con la presentación de síndrome ascítico y síndrome de muerte súbita en pollos de engorde. *Rev. Cien. Animal* (9):11-28.

Díaz, D., Rivero, D., Collante, J., González, D. 2007. Evaluación productiva (IOR) en una granja de pollos de engorde del estado Trujillo de Venezuela con dos sistemas de producción (estudio de casos). *Rev. Agricult. Andina.*, Mérida. 12:55-65.

Díaz, E. 2012. Efectos del estrés calórico en el piedemonte amazónico colombiano sobre algunos parámetros fisiológicos y zootécnicos en dos estirpes de pollo de engorde. Tesis Mg. Estudios Amazónicos. Leticia, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 80 p.

- Díaz, E.A., Narváez-Solarte, W., Giraldo, J.A. 2016. Alteraciones hematológicas y zootécnicas del pollo de engorde bajo estrés calórico. *Informac. Technol.* 27(3):221-230.
- Dottavio, A.M., Di Masso, R.J. 2010. Mejoramiento avícola para sistemas productivos semi-intensivos que preservan el bienestar animal. *J. of Basic and Appl. Genet. BAG* 21(2) Art. 12.
- Egbuniwe, I.C., Ayo, J.O., Kawu, M.U., Mohammed, A. 2018. Ameliorative effects of betaine and ascorbic acid on erythrocyte osmotic fragility and malondialdehyde concentrations in broiler chickens during the hot-dry season. *J of Appl. Anim. Res.* 46(1):380-385.
- Estrada, M. M., Márquez, S. M. 2005. Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 18(3):246-257.
- FAO. 2005. Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de su uso e importancia para la población. Por Boa, E. *Productos forestales no madereros* 17. Roma. 162 p.
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. 2013. Revisión del desarrollo avícola. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. 129 p.
- Ferrao, J., Bell. V., Calabrese, V., Pimentel, L., Pintado, M., Fernandes T.H. 2017. Impact of Mushroom Nutrition on Microbiota and Potential for Preventative Health. *J. Food Nutr. Res.* 5(4):226-233.
- Fuentes, M. 2016. Uso del pollo de engorda como modelo para evaluar el potencial nutricional, nutraceutico y toxicológico de la hoja de *Moringa oleifera*. Tesis M. Ciencias Vet. Aguascalientes, México. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 116 p.

- Giannenas, I., Pappas, I.S., Mavridis, S., Kontopidis, G., Skoufos, J., Kyriazakis, I. 2010a. Performance and antioxidant status of broiler chickens supplemented with dried mushrooms (*Agaricus bisporus*) in their diet. *Poult. Sci.* 89:303-311.
- Giannenas, I., Tsalie, E., Chronis, EF., Mavridis, S., Tontis, D., Kyriazakis I. 2011. Consumption of *Agaricus bisporus* mushroom affects the performance, intestinal microbiota composition and morphology, and antioxidant status of turkey poult. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89:303-311.
- González, S., Icochea, E., Reyna, P., Guzmán, J., Cazorla, F., Lúcar, J., Carcelén, F., San Martín, V. 2013. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 24(1):32-37.
- Guo, F.C., Williams, B.A., Kwakkel, R.P., Li, H.S., Li, X.P., Luo, J.Y., Li, W.K., Verstegen, M.W. 2004. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. *Poult. Sci.* 83(2):175-182.
- Gupta, A., Kirar, V., Keshri, G.K., Gola, S., Yadav, A., Negi, P.S., Misra, K. 2014. Wound healing activity of an aqueous extract of the Lingzhi or Reishi medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (higher Basidiomycetes). *Int. J. Med. Mushr.* 16(4):345-354.
- Haile, Y., Chanie, M. 2014. Comparative aspects of clinical hematology of birds: a review. *British. J. Poultry Sci.* 3(3):88-95.
- Herdt, T. 2003. Fisiología y metabolismo gastrointestinal. In: Fisiología veterinaria. Ed. J. Cunningham. Madrid, España. Saunders. p. 304-322.

- Hill, R., Wyse, G., Anderson, M. 2006. Fisiología animal; Nutrición, alimentación y digestión. Trad. por M. Maggi, U. Patrone, M. Tavella, K. Tzal. Madrid, España. Panamericana. 916 p.
- Huie, C.W., Di, X. 2004. Chromatographic and electrophoretic methods for Lingzhi pharmacologically active components. J. Chromatogr. B. 812(1):241-257.
- Icochea, E. 2015. Problemas locomotores más comunes en pollos de engorde. Rev. Avic. Entor., México. (107):116-124.
- Itza-Ortiz, M., Ciro-Galeano, J. 2016. Parámetros productivos: Importancia en producción avícola. Rev. Avic. Entor., Madrid. 18(112):162-171.
- León, J. 2005. Química y síntesis de los principios activos aislados de hongos superiores. Sus posibles aplicaciones farmacológicas. Tesis Dr. Ciencias. Tenerife, España. Universidad de La Laguna. 325 p.
- Li, X., Xie, Y., Yang, B.B. 2018. Characterizing novel anti-oncogenic triterpenoids from ganoderma. J. Cell. Cycle. 17(5):527-528.
- Lin, S.Y., Chen, Y.K., Yu, H.T., Barseghyan, G., Asatiani, M., Wasser, S., Mau, J.L. 2013. Comparative study of contents of several bioactive components in fruiting bodies and mycelia of culinary-medicinal mushrooms. Int. J. Med. Mushr. 15(3):315-323.
- Lin, Z.B. 2005. Cellular and molecular mechanisms of immuno-modulation by *Ganoderma lucidum*. J. Pharmacol. Sci. (99):144-153.
- Linares, L., Los desafíos nutricionales frente a las restricciones de uso de aditivos. Eliminación de uso de antibióticos. In: Congreso Latinoamericano de Avicultura. 24., 2015, Guayaquil, Ecuador.

- Liu, X., Yuan, J.P., Chung, C.K., Chen, X.Y. 2002. Antitumor activity of the sporoderm-broken germinating spores of *Ganoderma lucidum*. *Cancer. Letters*. 182(2):155-161.
- Lorite, N. 2015. Los alimentos en la medicina tradicional china. Tesis Doctoral. Madrid, España. Dpto. de Nutrición y Bromatología II, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. 435 p.
- Martínez-Alesón, R., Reducción del uso de antibióticos en las aves. Herramientas nutricionales. In: Jornadas Profesionales de Avicultura. 4., 2015, Soria, España. p. 26-29.
- Martins, J.M., Carvalho, C.M., Litz, F.H., Silveira, M.M., Moraes, C.A., Silva, M.C., Fagundes, N.S., Fernandes, E.A. 2016. Productive and economic performance of broiler chickens Subjected to different nutritional plans. *Brazilian J. Poult. Sci.* 8(2):64-67.
- Medina, N., Gonzáles, C., Daza, S., Restrepo, O., Barahona, R. 2014. Desempeño productivo de pollos de engorde suplementados con biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* derivada de la fermentación de residuos de banano. *Rev. Fac. med. Vet. Zootec.* 61(3).
- Meneses, M.E., Martínez-Carrera, D., Torres, N., Sánchez-Tapia, M., Aguilar-López, M., Morales, P., Sobal, M., Bernabé, T., Escudero, H., Granados-Portillo, O., Tovar, A.R. 2016. Hypocholesterolemic properties and prebiotic effects of Mexican *Ganoderma lucidum* in C57BL/6 mice. *PloS one.* 11(7):1-20.
- Mohan, K., Padmanaban, M., Uthayakumar, V. 2015. Effects of *Ganoderma lucidum* crude polysaccharides (GLCP) on growth, survival and biochemical composition of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* post larvae. *Res. J. Chem. Environ.* 19(9):44-50.

- Mohan, K., Padmanaban, M., Uthayakumar, V., Chandirasekar, R., Muralisankar, T., Santhanam, P. 2016. Effect of dietary *Ganoderma lucidum* polysaccharides on biological and physiological responses of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 464:42-49.
- North, M. O. 1988. Manual de producción avícola. 2 ed. México, DF. Manual Moderno. 856 p.
- Ogbe, A., Atawodi, S., Abdu, P., Sannusi, A., Itodo, A. 2009. Changes in weight gain, faecal oocyst and packed cell volume of *Eimeria tenella*-infected broilers treated with a wild mushroom (*Ganoderma lucidum*) aqueous extract. *J. S. Afr. Vet. Ass.* 80(2):97-102.
- Ogbe, A.O., Atawodi, S.E., Abdu, P.A., Oguntayo, B.O., Dus, N. 2010. Oral treatment of *Eimeria tenella*-infected broilers using aqueous extract of wild mushroom (*Ganoderma* sp): effect on haematological parameters and histopathology lesions. *Afr. J. Biotechnol.* 9(52):8923-8927.
- Ogbe, A.O., Alu, S.E. 2014. The effects of utilizing melon husk meal with mushroom (*Ganoderma* sp.) and enzyme supplement on performance characteristics of broiler chicken. *Int. J. Curr. Res. Aca. Rev.* 2(3):138-148.
- Oluba, O.M., Adebisi, K.E., Eidangbe, G.O., Odutuga, A.A., Onyeneke, E.C. 2014. Modulatory effect of crude aqueous extract of Lingzhi or Reishi medicinal mushroom, *Ganoderma lucidum* (higher Basidiomycetes), on hematological and antioxidant indices in *Plasmodium berghei*-infected mice. *Int. J. Med. Mushr.* 16(5):499-506.
- Ortiz, L. 2018. Factores determinantes en la rentabilidad y competitividad de la empresa avícola de la región de La Libertad. p. 29-34.

- Paul, S.K., Samanta, G., Halder, G., Biswas, P. 2007. Effect of a combination of organic acid salts as antibiotic replacer on the performance and gut health of broiler chickens. *Livest. Res. Rural Dev.* 19(11):115-120.
- Pardo, M. 2009. Comparación económica de la inclusión de Manano Oligosacárido en pollos de engorde de la línea Ross 308 una producción comercial; Tesis Ing. Zootecnista. Bogotá, Colombia. Universidad de La Salle. 90 p.
- Pazzi, F. 2016. Efectos del Reishi (*Ganoderma lucidum*) en pacientes con fibromialgia; Tesis Doctoral. España. Universidad de Extremadura. 119 p.
- Peinado, M. 2015. Efectos de nuevos aditivos alimentarios sobre la composición de la microbiota digestiva en pollos broiler; Tesis Dr. Nutrición Anim. Granada, España. Universidad de Granada. 204 p.
- Petracci, M., Cavani C. 2012. Muscle growth and poultry meat quality Issues. *Nutrients*, (4):1-12.
- Roll, V.F.B., Lopes, L.L., Rossi, P., Anciuti, M.A., Rutz, F., Xavier, E.G., Silva, S.S. 2010. Hematología de frangos alimentados com dietas contendo aflatoxinas e adsorvente de toxinas. *Arch. Zootec.* 59(225):93-101.
- Sánchez, A. 2019. Inclusión de glutamina asociado con ácido glutámico en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre el comportamiento productivo y económico; Tesis Med. Veterinario Zootecnista. Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 30 p.
- Sandoval, G.L., Terraes, J.C., Fernández, R.J., Revidatti, F.A., Esquivel de Luchi, P., Barchi, A. 1999. Respuesta al estrés físico y la hepatoprotección continua en pollos. *Arch. Zootec.* 48:395-404.

- Sandoval, G.L., Revidatti, F.A., Terraes, J.C., Fernández, R.J., Sindik, M. 2003. Efecto de una maniobra estresante sobre la función metabólica del hígado en pollos parrilleros. *Rev. Agroindust.* 21(112):6-11.
- Sanodiya, B.S., Thakur, G.S., Baghel, R.K., Prasad, G.B., Bisen, P.S. 2009. *Ganoderma lucidum*: a potent pharmacological macrofungus. *Curr. Pharm. Biotechnol.* 10(8):717-742.
- Scanes, C.G. 2015. Blood. In: *Sturkie's avian physiology*. Ed. Por C. G. Scanes. London, UK, Elsevier Inc, p. 167-185.
- Schmidt, E.M.S., Locatelli-Dittrich, R., Santin, E., Paulillo, A.C. 2010. Patología clínica en aves: herramienta para el monitoreo de la sanidad avícola-revisión. *Rev. Plumazos.* (36):4-17.
- Shamsi, S., Seidavi, A., Rahati, M., Gomez, J. 2015. Efecto de la harina de champiñón y flavofosfolipol sobre la canal en pollos de engorda. *Rev. Mex. Cien. Pec. México.* 6(4):469-481.
- Sharif, S., Mustafa, G., Munir, H., Weaver, C.M., Jamil, Y., Shahid, M. 2016. Proximate composition and micronutrient mineral profile of wild *Ganoderma lucidum* and four commercial mushrooms by ICP-OES and LIBS. *J. Food Nutr. Res.* 4(11):703-708.
- SIEA–Sistema Integrado de Estadística Agraria. 2019 Anuario de producción ganadera de avícola [En línea]: Actividades estadísticas (<http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-pecuaria>, Actividades estadísticas, 28 Ago. 2020).
- Sindik, M., Terraes, J.C., Sandoval, L., Revidatti, F., Fernandez, R., Betella, A. 2008. Efectos de diferentes relaciones energía proteína sobre el comportamiento productivo de pollos parrilleros hembras. *InVet.* Universidad de Buenos Aires. 10 (1):1-17.

- Suárez-Arroyo, I., Loperena-Alvarez, Y., Rosario-Acevedo, R., Martínez-Montemayor, M. 2017. *Ganoderma* spp.: A promising adjuvant treatment for breast cancer. *J. Medicines*. 4(1):15.
- Suberu, H.A., Lateef, A.A., Bello, I.M., Daudu, O.A.Y. 2013. Mycelia Biomass Yield of *Ganoderma lucidum* mushroom by submerged culture. *Niger. J. Technol. Res.* 8(2):64-67.
- Surai, P., Geraert, P.A., Martínez, C. 2017. Selenocisteína. El selenio funcional. *Rev. Avic. Entor., México*. 19(115):105-111.
- Tenorio, L.O. 2015. Incremento de la inmunidad y la productividad en pollos de engorde con el uso del hongo *Ganoderma lucidum*, como aditivo en la alimentación en una explotación avícola intensiva. *J. Pueblo Cont.* 26(1):117-143.
- Ulziijargal, E., Mau, J.L. 2011. Nutrient compositions of culinary-medicinal mushroom fruiting bodies and mycelia. *Int. J. Med. Mushr.* 13(4):343-349.
- Vaca, L. 2003. Producción avícola; Anatomía y fisiología. Costa Rica. EUED. p. 49-68.
- Valverde, M.E., Hernández-Pérez, T., Paredes-López, O. 2015. Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. *Int. J. Microbiol.* Article ID 376387, 2015(2015):1-14.
- Vásquez, L. 2012. Evaluación de aditivos dietéticos a partir de plantas medicinales y su efecto en la morfometría del tracto gastrointestinal de polloneras de reemplazo; Tesis Med. Veterinario y Zootecnista. Cotopaxi, Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi. 78 p.
- Vitak, T.Y., Wasser, S.P., Nevo, E., Sybirna, N.O. 2016. Effect of medicinal mushrooms on L-arginine/NO system in red blood cells of

streptozotocin-induced diabetic rats. *Adv. Diabetes. Metabol.* 4(2):25-31.

- Wang, Y.Y., Khoo, K.H., Chen, S.T., Lin, C.C., Wong, C.H., Lin, C.H. 2002. Studies on immune-modulating and antitumor activities of *Ganoderma lucidum* (Reishi) polysaccharides: functional and proteomic analyses of a fucose-containing glycoprotein fraction responsible for the activities. *Bioorg. Med. Chem.* 10(4):1057-1062.
- Wang, L., Piao, X.L., Kim, S.W., Piao, X.S., Shen, Y.B., Lee, H.S. 2008. Effects of *Forsythia suspensa* extract on growth performance, nutrient digestibility, and antioxidant activities in broiler chickens under high ambient temperature. *Poult. Sci.* 87(7):1287-1294.
- Wasser, S.P. 2005. Reishi or Ling Zhi (*Ganoderma lucidum*). In: *Encyclopedia of Dietary Supplements*. Ed. Por P.M. Coates, M.R Blackman, G.M. Cragg, M. Levine, J. Moss, J.D. White. New York, EEUU, Marcel Dekker Inc. p. 603-622.
- Watchel-Galor, S., Yuen, J., Buswell, J., Benzie, I. 2011. *Ganoderma lucidum* (Lingzhi or Reishi) a medicinal mushroom. In: *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. Ed. Por I. Benzie, S. Watchel-Galor. Boca Raton, EEUU, CRC Press. p. 170-198.
- Whitehead, C. Factores nutricionales que influyen en los problemas óseos actuales de los broilers. In: *Simposio Científico de Avicultura*. 46; 2009, Zaragoza, España. p. 69-80.
- Yalcinkaya, I., Gungor, T., Basalan, M., Erdem, E. 2008. Mannan oligosaccharides (MOS) from *Saccharomyces cerevisiae* in broilers: effects on performance and blood biochemistry. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 32(1):43-48.

- Yue, Q. X., Song, X. Y., Ma, C., Feng, L. X., Guan, S. H., Wu, W. Y., Yang, M., Jiang, B.H., Liu, X., Cui, Y.J., Guo, D. A. 2010. Effects of triterpenes from *Ganoderma lucidum* on protein expression profile of HeLa cells. *Phytomedicine*. 17(8):606-613.
- Zhang, G.L., Wang, Y.H., Ni, W., Teng, H.L., Lin, Z.B. 2002. Hepatoprotective role of *Ganoderma lucidum* polysaccharide against BCG-induced immune liver injury in mice. *World J. Gastroenterol*. 8(4):728-733.
- Zhao, Z., Zheng, X., Fang, F. 2013. Effects of *Ganoderma lucidum* polysaccharides on exercise-induced fatigue in mice. *Asian J. Anim. Vet. Adv*. 8(3):511-518.
- Zhonghui, Z., Xiaowei, Z., Fang, F. 2014. *Ganoderma lucidum* polysaccharides supplementation attenuates exercise-induced oxidative stress in skeletal muscle of mice. *Saudi J. Biol. Sci*. 21:119-123.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de laboratorio. Promedios (día 1, 8, 29, 42, 50).

Tratamiento	Día					Promedio
	1	8	29	42	50	
Eritrocitos ($10^6 \mu\text{L}$)						
T0	2,85	3,43	2,67	2,56	2,61	2,82
T1	2,84	3,40	2,73	2,80	3,10	2,97
T2	2,84	3,77	2,99	2,88	3,07	3,11
T3	2,87	3,79	3,16	3,18	3,25	3,25
Hemoglobina (g.dL^{-1})						
T0	12,2	13,1	7,4	7,0	7,3	9,40
T1	11,6	12,6	8,7	10,9	10,8	10,92
T2	11,8	12,4	9,3	9,1	8,7	10,26
T3	12,6	12,9	9,9	11,3	10,2	11,38
ALT/GPT (UI/L)						
T0	30,2	25,7	27,5	19,8	24,0	25,45
T1	30,3	18,8	15,7	18,6	18,8	20,42
T2	29,5	22,1	18,8	21,1	20,8	22,46
T3	31,2	12,1	16,0	13,9	12,1	17,06
AST/GOT (UI/L)						
T0	273,7	270,2	284,8	267,0	271,9	273,5
T1	271,4	256,8	233,1	240,1	224,8	245,2
T2	273,3	242,5	245,5	233,0	220,8	243,0
T3	275,5	282,7	258,0	258,1	261,2	267,1

¹ Tratamientos: (T0= (Control) Sin extracto de *Ganoderma lucidum*, T1= 6 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de b., T2= 12 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de b., T3= 18 mg/kg(PC) de extracto de *G. lucidum* en agua de b.).

Anexo 2. Análisis estadístico de las variables productivas.

Consumo de alimento

ANOVA

<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>
Entre grupos	69497,140	3	23165,713	18,743	8,00E-05	3,490
Dentro de grupos	14831,329	12	1235,944			
Total	84328,470	15				

Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
T3	4	4222,042		a
T2	4	4167,184	4167,184	ab
T1	4		4137,263	b
T0	4			4040,456 c
Valor p Tukey		0,177	0,626	

Peso corporal

ANOVA

<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>
Entre grupos	205182,048	3	68394,016	34,703	3,41E-06	3,490
Dentro de grupos	23649,785	12	1970,815			
Total	228831,833	15				

Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
T3	4	2412,400		a
T2	4		2318,417	b
T1	4		2296,233	b
T0	4			2100,996 c
Valor p Tukey			0,891	

Ganancia de peso

ANOVA

<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>
Entre grupos	206226,774	3	68742,258	35,326	3,10E-06	3,490
Dentro de grupos	23351,062	12	1945,922			
Total	229577,836	15				

Tukey HSD				
<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
T3	4	2374,200		a
T2	4		2279,692	b
T1	4		2257,408	b
T0	4			2061,921 c
Valor p Tukey			0,887	

Conversión alimenticia

ANOVA							
<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>	
Entre grupos	0,072	3	0,024	35,609	2,97E-06	3,490	
Dentro de grupos	0,008	12	0,001				
Total	0,080	15					

Tukey HSD				
<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
T3	4	1,779		a
T2	4		1,828	b
T1	4		1,833	b
T0	4			1,960 c
Valor p Tukey			0,900	

Mortalidad total

ANOVA							
<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>	
Entre grupos	250,000	3	83,333	9,474	0,0017	3,490	
Dentro de grupos	105,556	12	8,796				
Total	355,556	15					

Tukey HSD				
<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	
T3	4	0,000		a
T2	4	0,833		a
T1	4	2,500		a
T0	4		10,000	b
Valor p Tukey		0,792		

Anexo 3. Análisis estadístico de las variables fisiológicas.

Hemoglobina diferencial

ANOVA

<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>
Entre grupos	35,062	3	11,687	61,851	1,43E-07	3,490
Dentro de grupos	2,268	12	0,189			
Total	37,329	15				

Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
T1	4	-0,800		a
T3	4		-2,400	b
T2	4		-3,100	b
T0	4			-4,925 c
Valor p Tukey		0,158		

ALT/GPT diferencial

ANOVA

<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>
Entre grupos	371,867	3	123,956	3,212	0,062	3,490
Dentro de grupos	463,103	12	38,592			
Total	834,969	15				

AST/GOT diferencial

ANOVA

<i>Origen</i>	<i>Sum de cuadrados</i>	<i>G.L</i>	<i>Media cuad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>V. C. F</i>
Entre grupos	7299,907	3	2433,302	25,022	1,89E-05	3,490
Dentro de grupos	1166,958	12	97,246			
Total	8466,865	15				

Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
T2	4	-52,570	a
T1	4	-46,569	a
T3	4		-14,271 b
T0	4		-1,724 b
Valor p Tukey		0,809	0,320

Anexo 4. Fotos del estudio realizado.

Vista exterior del galpón



Armado del área experimental



Muestras sanguíneas T1 R1



Producto dosificado (semana 1)



Consumo del Producto (día 1)



Consumo del producto (semana 4)



Alimentación (Semana 7)

