



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

***Allium sativum* COMO FUENTE DE COCCIDIOSTATO NATURAL EN
DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

GABRIELA ENCARNACION ROSAS

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTQUIO SONI GUILLERMO

CODIRECTOR DE TESIS

DRA. JENNIFER PÉREZ MARTÍNEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

***Allium sativum* COMO FUENTE DE COCCIDIOSTATO NATURAL EN
DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

GABRIELA ENCARNACION ROSAS

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTQUIO SONI GUILLERMO

CODIRECTOR DE TESIS

DRA. JENNIFER PÉREZ MARTÍNEZ

ASESORES

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

DR. MARCOS PÉREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023.

La presente tesis titulada: "*Allium sativum* COMO FUENTE DE COCCIDIOSTATO NATURAL EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA" y realizada por Gabriela Encarnacion Rosas, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Eutiquio Soni Guillermo



Codirector: Dra. Jennifer Pérez Martínez



Asesor: Dr. Edgar Valencia Franco



Asesor: Dr. Marcos Pérez Sato



Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **BUAP-CA-182 “Producción Pecuaria Integral”** y de la Línea de Investigación: **“Producción Integral de Rumiantes y no Rumiantes”**. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

A mi madre **Benita Rosas Hernández**, por motivarme en este proyecto, le agradezco infinitamente por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por su esfuerzo y por todo el amor que me ha brindado, gracias por ser una excelente madre.

A mis hermanos **Kevin** y **Vicente** quienes han iluminado mi vida, que con su inocencia y amor me han motivado a llegar hasta aquí.

A mi abuela **Apolonia**, por su paciencia, sus regaños y sobre todo por el amor que me ha dado.

A mi tía **Fátima**, por siempre confiar en mí, por sus consejos, por escucharme, por motivarme a lo largo de la carrera, gracias por ser una buena guía en mi vida.

Agradezco también a todas esas personas que alguna vez formaron parte de mi vida, que me ayudaron a crecer y a mejorar en todos los aspectos y en especial a aquellas que aún siguen a mi lado, gracias por sus amistad, confianza, apoyo y compañía.

AGRADECIMIENTOS

A la **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)**, Facultad De Ciencias **Agrícolas y Pecuarias**, programa educativo: **ingeniera agronómica y zootecnia**, por darme la oportunidad de instruirme para ser una gran profesional.

Al **Dr. Eutiquio Soni Guillermo**, por su apoyo en la dirección de esta investigación, por brindarme sus conocimientos y su experiencia para poder culminar este proyecto.

A la **Dra. Jennifer Pérez Martínez**, por su colaboración, apoyo, paciencia y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación.

Al **Dr. Edgar Valencia Franco**, por su tiempo y apoyo en esta investigación y por todos los conocimientos que me transmitió a lo largo de mi estadía.

Al **Dr. Marcos Pérez Sato**, por su tiempo y apoyo en esta investigación, así como en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Panorama del sector avícola	5
4.2. Coccidiosis aviar	5
4.2.1. Signos de la coccidiosis	6
4.2.2. Control	6
4.3. Clasificación de los coccidiostatos	7
4.3.1. Desventajas de los coccidiostatos y las vacunas	8
4.4. Especies de <i>Eimerias</i>	8
4.4.1. Ciclo de vida	9
4.5. Generalidades del ajo	10
4.5.1. Composición química del ajo	10
4.5.2. Propiedades medicinales	11
4.5.3. Efecto antioxidante	11
4.5.4. Efecto antimicrobiano	11
V. MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1. Localización del área estudio	13
5.2. Fase experimental	13
5.2.1. Manejo de las aves e instalaciones	13
5.2.2. Preparación de la harina de ajo	13

5.2.3. Alimentación y dietas	14
5.3. Diseño experimental y tratamientos	15
5.4. Variables a evaluar	16
5.4.1. Variables productivas	16
5.4.2. Variables fisicoquímicas de la carne	17
5.4.3. Carga parasitaria	18
5.4.4. Longitud de las vellosidades.....	18
5.5. Análisis estadístico	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
6.1. Variables productivas	21
6.2. Variables fisicoquímicas de la carne	23
6.3. Carga parasitaria	24
6.4. Longitud de las vellosidades intestinales.....	25
VII. CONCLUSIONES	26
VIII. LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Composición de dietas experimentales para pollos de engorda en la etapa de iniciación.....	14
Cuadro 2. Composición de dietas experimentales para pollos de engorda en la etapa de finalización.....	15
Cuadro 3. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre los parámetros productivos de pollos de engorda de la línea Ross 308.	22
Cuadro 4. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre el peso vivo y la mortalidad de los pollos de engorda de la línea Ross 308.....	23
Cuadro 5. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre las variables fisicoquímicas de la carne de pollos de engorda de la línea Ross 308.	24
Cuadro 6. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre la longitud de las vellosidades intestinales de pollos de engorda de la línea Ross 308.	25

RESUMEN

La salud intestinal del pollo de engorda resulta importante debido a la resistencia que ejercen los parásitos ante los productos químicos, siendo la coccidiosis aviar de las enfermedades que más afecta al sector avícola. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de incluir harina de ajo (*Allium sativum*) en la dieta para pollos de engorda, en el comportamiento productivo, las características fisicoquímicas de la carne, carga parasitaria y vellosidades intestinales. Se utilizaron 90 pollos de engorda de la línea Ross 308 de 7 días de edad con un peso de 86 ± 5 g, distribuidas en un diseño completamente al azar en tres tratamientos de 10 pollos cada uno, durante 7 semanas, los cuales fueron: T1: 125 ppm monensina sódica, T2: 7 % harina de ajo y T3: 8 % harina de ajo. Las variables evaluadas fueron: alimento consumido, ganancia de peso, conversión alimenticia, peso vivo, mortalidad, pH, color (L^* , a^* y b^*), capacidad de retención de agua, conteo de ooquistes y longitud de las vellosidades del duodeno y yeyuno. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0, las diferencias de medias entre tratamientos se realizaron con la prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$). Los resultados indican que en las variables pH y longitud de las vellosidades hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), no se encontró presencia de ooquistes de *Eimerias* y los niveles de ajo asemejaron los parámetros productivos. Por lo tanto, se concluye que la inclusión de harina de ajo al 8 % es una posible alternativa ante el uso de coccidiostatos sintéticos ya que mejoró el pH y la longitud de las vellosidades sin afectar las variables productivas.

Palabras clave: *Allium sativum*, coccidiostato, carga parasitaria, vellosidades.

ABSTRACT

The intestinal health of broilers is important because parasites have developed resistance to chemicals, with avian coccidiosis being one of the diseases that most affects the poultry sector. The objective of this research was to determine the effect of including garlic flour (*Allium sativum*) in the diet for broiler chickens, on productive behavior, physicochemical characteristics of the meat, parasite load and intestinal villus. 90 Ross 308 line broilers were used, 7 days old and with an initial weight of 86 ± 5 g, distributed in a completely random design in three treatments of 10 broilers each, for 7 weeks, which were: T1: 125 ppm of sodium monensin, T2: 7% garlic flour and T3: 8% garlic flour. The variables evaluated were: feed consumption, weight gain, feed conversion, live weight, mortality, pH, color (L*, a* and b*), water retention capacity, oocyst counting and length of the villus of the duodenum and jejunum. The data were analyzed with the SAS statistical package version 9.0, the average differences between treatments were performed with Tukey's mean comparison test ($P < 0.05$). The results indicate that in the variables pH and length of the villus there were significant differences ($P < 0.05$), there was no presence of *Eimerias* oocysts and the levels of garlic resembled the production parameters. Therefore, it is concluded that the inclusion of 8% garlic flour is a possible alternative to the use of synthetic coccidiostats because it improved the pH and length of the villus without affecting the productive variables.

Key words: *Allium sativum*, coccidiostat, parasitic load, villus.

I. INTRODUCCIÓN

El pollo es el alimento de origen animal que domina el consumo mundial de carne, en el plano internacional los principales países que cubren la demanda son: Estados Unidos (20.3 millones de toneladas), China (14.7 millones de toneladas), Brasil (14.5 millones de toneladas) y Rusia (10.8 millones de toneladas), siendo nuestro país actualmente el quinto lugar en producción de pollo (3.8 millones de toneladas). La industria avícola mexicana es la actividad pecuaria más dinámica del país y uno de los sectores estratégicos para la alimentación en México, puesto que los productos avícolas son accesibles, al alcance de todos y poseen un alto contenido nutricional. Las entidades del país con la mayor producción de carne de pollo fueron: Veracruz, Jalisco, Aguascalientes, Yucatán y Puebla (UNA, 2022).

La coccidiosis aviar es una enfermedad parasitaria de carácter universal, causada por protozoos del phylum Apicomplexa, familia Eimeriidae. Esta enfermedad ha demostrado ser importante, debido a que genera mayor repercusión económica en la gallina ponedora y en el pollo de carne a diferencia de otras especies de aves. La infección se produce mediante la ingestión de ooquistes esporulados, lo que da lugar a un proceso de carácter clínico o subclínico, caracterizado por diarrea y descenso de las producciones (Del Cacho, 2013).

En el control de la coccidiosis se utilizan coccidiostatos tales como: los sintéticos que tienen mayor potencia de acción y los ionóforos que funcionan como promotores de crecimiento y antimicrobianos (Arnaiz, 2012). Sin embargo, su uso ha sido cuestionado debido a la resistencia que genera el protozoo frente a estos productos, lo que ha provocado la necesidad de nuevas alternativas de control, como los compuestos vegetales (Espejo, 2014).

Peinado *et al.* (2012) realizaron un estudio *in vitro* donde se demostró la alta actividad coccidiostática que los compuestos naturales organoazufrados ejercen frente al parásito, al reducir significativamente la viabilidad de los esporozoitos de *Eimeria acervulina*. La utilización de extractos de ajo y cebolla representan una solución rentable y eficaz para esta problemática debido al alto contenido de esos compuestos (Coscojuela *et al.*, 2011).

El ajo (*Allium sativum*) se caracteriza por contener diversas propiedades importantes que ayudan a reducir la carga parasitaria (*trichostrongylus*), reduce la incidencia de enfermedades respiratorias como el Newcastle, contiene zinc y selenio considerados antioxidantes naturales,

ayuda a mejorar los estándares de crecimiento a lo largo de la producción, mejora la calidad de la canal y su palatabilidad (Camacho y Vinchira, 2016; Sánchez, 2022; Vásquez, 2010).

Por lo anterior, el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar diferentes niveles de inclusión de harina de ajo en dietas para pollos de engorda de la línea Ross 308, en el comportamiento productivo, las características fisicoquímicas de la carne, carga parasitaria y vellosidades intestinales.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de harina de ajo en la dieta para pollo de engorda de la línea Ross 308, sobre la carga parasitaria y vellosidades intestinales.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar si la longitud de las vellosidades intestinales cambia con la adición de harina de ajo en la dieta.
2. Evaluar la intensidad parasitaria.
3. Evaluar el comportamiento productivo y las características fisicoquímicas de la carne.

III. HIPÓTESIS

Al menos un nivel de inclusión de harina de ajo disminuirá la carga parasitaria sin afectar los parámetros zootécnicos en pollos de la línea Ross 308.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Panorama del sector avícola

El sector avícola sigue creciendo e industrializándose en muchas partes del mundo debido a que su principal producto, la carne de pollo, se posiciona como uno de los alimentos favoritos de la población, además del poderoso impulso del crecimiento poblacional, el aumento del poder adquisitivo y los procesos de urbanización. En nuestro país el pollo es un pilar fundamental ya que se trata de uno de los sectores más importantes en la producción de alimentos, por semana se producen aproximadamente 36.1 millones de pollos mismos que son comercializados de la siguiente manera: vivo 37 %, rosticero 36 %, partes y valor agregado con 15 %, mercado público 9 % y supermercado 3 %. La importancia de la industria avícola no solo radica en todo lo que nos brinda a nivel alimenticio y comercial, sino que también es fundamental para la vida productiva del país por todos los empleos que genera, en el año 2022 de forma directa proporcionó 228,000 empleos y de manera indirecta 1,139,000 empleos (UNA, 2021).

4.2. Coccidiosis aviar

La coccidiosis aviar es una de las enfermedades más importantes dentro de la avicultura y es causada por protozoos unicelulares llamados coccidias, del género *Eimeria* (Soulsby, 1987). La coccidiosis es considerada una enfermedad de distribución mundial, se puede llegar a encontrar en cualquier sitio en dónde se establezca este tipo de producción con características intensivas ya que posee una amplia difusión, capacidad de resistencia y rápida capacidad de reproducción, por lo que se ha dado lugar a que siga ocasionando problemas en la actualidad. En granjas en condiciones sanitarias deficientes y hacinamiento la enfermedad se propaga de manera rápida ocasionando gran decaimiento económico debido a su carácter altamente patógeno (Velasco, 2020).

Esta enfermedad tiene la capacidad de afectar a varias especies de aves, en las que posee mayor impacto son en aquellas destinadas para fines comerciales como: pollos de carne, gallinas ponedoras y gallos. Como resultado esta enfermedad es compleja ya que afecta al

crecimiento y al rendimiento final, ocasionado grandes pérdidas económicas en el sector debido al aumento del costo de producción (Barrios, 2020).

En general, la coccidiosis se manifiesta a nivel intestinal del huésped, con una alta tasa de replicación parasitaria en las células del ave, debido a que el parásito presenta cierta afinidad por diferentes segmentos de la mucosa intestinal, invadiendo la pared del intestino obteniendo los nutrientes que necesita para sobrevivir causando extensos daños en la mucosa. Los parásitos se replican dentro del huésped y son eliminados al exterior contagiando a otras aves mediante las heces, este proceso de infección dura de cuatro a siete días (Velasco, 2020).

4.2.1. Signos de la coccidiosis

La coccidiosis se puede manifestar de forma clínica y subclínica, la primera se destaca por la presencia de aquellos signos clínicos típicos de la coccidiosis como las plumas erizadas y las diarreas, mientras que la segunda se distingue por causar daño severo de la mucosa intestinal que puede desencadenar una enteritis necrótica. También, puede ocasionar un alto porcentaje de mortalidad y el aumento de los días de producción de los animales enfermos (Pilay, 2020).

Las diferentes especies de *Eimeria* tienen la capacidad de ocasionar daños, por ejemplo, daño en las células del epitelio intestinal induciendo problemas de mala absorción de nutrientes, mala conversión alimenticia, bajo peso corporal, deshidratación extrema, pérdida de sangre, mala calidad de la carne, tristeza, anorexia, palidez, diarreas que hacen que las plumas se observen sucias en la parte de la cloaca, problema de pigmentación a causa de la mala absorción de carotenoides, bajo consumo de alimentos y bebida, además, aumenta la vulnerabilidad a otros patógenos e incluso causa la mortalidad del ave (Ferre y Gómez, 2019).

4.2.2. Control

Los métodos para controlar la coccidiosis aviar se basan esencialmente en el uso de medicamentos sintéticos, sin embargo, el uso constante da como resultado el desarrollo de parásitos resistentes lo que limita su eficacia, en cambio, los ionóforos tienen un mecanismo de acción más complejo, pero aun así no se observa erradicación completa de los parásitos debido a que la acción que ejercen está dirigida contra los esporozoitos. También existen las vacunas, estas son menos utilizadas en la industria avícola porque en algunos países los

organismos de control sanitario no autorizan la introducción de vacunas que contengan especies de *Eimeria* spp que no existan en el país, ya que, al ser vacunas vivas su uso puede provocar el riesgo de introducir una especie nueva (Kadykalo *et al.*, 2018).

4.3. Clasificación de los coccidiostatos

Guiner (2018) señala que los coccidiostatos se pueden clasificar según su origen en tres categorías: compuestos sintéticos, estos tienen un modo de acción específico en el metabolismo de los coccidios, ejemplos:

- Nicarbacina
- Amprolio
- Decoquinato
- Diclazuril
- Robenidina
- Halofuginona
- Toltrazuril
- Diclazuril.

Ionóforos o antibióticos poliéter, estos destruyen a los coccidios interfiriendo el balance de distintos iones, ejemplos:

- Monensina
- Narasina
- Salinomicina
- Maduramicina
- Semduramicina
- Lasalocid

Mezcla de productos, existe un aditivo comercial registrado que incluye la mezcla de un compuesto sintético y un ionóforo, ejemplo:

- Nicarbacina/narasina

4.3.1. Desventajas de los coccidiostatos y las vacunas

Las vacunas representan un problema potencial debido a una reacción exagerada a *E. acervulina* y *E. maxima* presentes en la vacuna que puede afectar negativamente a las aves en cuanto a su capacidad de absorción de vitaminas, tales como las vitaminas A, D, E y K (Conway y McKenzie, 2007). Asimismo, en el caso de no aplicar la vacuna de forma adecuada se puede presentar el inconveniente de ocasionar una coccidiosis subclínica, además, de no establecer una protección inmediata por lo que resulta difícil lograr un protocolo de vacunación eficaz y eficiente (Yuña y Gorgoza, 2008).

Perotti (1996) menciona que al parecer aún no se ha formulado un desparasitante ideal para el control de la coccidiosis aviar, ya que la mayor desventaja de los productos químicos se debe a la capacidad que tienen los protozoos de desarrollar una rápida resistencia frente a ellas creando un problema de Salud Pública, además, de que algunos coccidiostatos alteran los olores y le proporcionan sabores extraños a la carne, sumado a las políticas de inocuidad alimentaria que restringen la presencia de residuos de medicamentos en los alimentos.

4.4. Especies de *Eimerias*

El género *Eimeria* pertenece al phylum Apicomplexa, clase Sporozoa, subclase Coccidia y familia Eimeriidae (Conway y McKenzie, 2007). Johnson y Reid (1970) mencionan que de las siete especies de *Eimeria* que existen, solo cinco de ellas colonizan al pollo y la gallina siendo los responsables de los cuadros más graves de coccidiosis clínica, estas se describen a continuación:

- *E. máxima*: Se desarrolla en el duodeno, el yeyuno y el íleon, causa dilatación y engrosamiento de la pared intestinal, hemorragia petequial y un exudado y líquido viscoso rojizo, anaranjado o rosado. El exterior del intestino medio a menudo tiene numerosos focos puntiformes blanquecinos y el área puede parecer ingurgitada.
- *E. brunetti*: Provoca inflamación de la pared intestinal con hemorragias puntuales y desprendimiento de los epitelios. En la mucosa del íleon y del recto se observan petequias que corresponden a la ruptura de los esquizontes subepiteliales.

- *E. acervulina*: Es poco patógena, las lesiones incluyen numerosas placas blanquecinas, ovaladas o transversales en el duodeno y el yeyuno. Las lesiones corresponden a la acumulación de macrogametos y ooquistes inmaduros.
- *E. necatrix*: Provoca lesiones importantes en las porciones de yeyuno y ciego. En la mucosa del yeyuno se observan lesiones puntiformes y blanquecinas que al romperse se forman petequias e incluso hemorragias en casos muy graves.
- *E. tenella*: Se observa daño moderado a severo al epitelio intestinal, lesiones hemorrágicas subepiteliales cecales, los ciegos notablemente dilatados y presencia deyecciones sanguinolentas, dependiendo de la gravedad del proceso.

4.4.1. Ciclo de vida

El ciclo de vida de la *Eimeria* es complejo y consta de tres etapas básicas, una exógena y dos endógenas. La primera, llamada esporogonia (exógena) es la etapa infectiva que se da una vez que el ooquiste se excreta mediante la materia fecal de las aves y esporula, llevándose a cabo en el medio ambiente en condiciones específicas de humedad, temperatura y presencia de oxígeno (Quiroz-Castañeda, 2018).

La fase endógena inicia a través de la ingesta de ooquistes infecciosos, después del procedimiento de “desenquistamiento” el cual consiste en liberar los esporozoitos a través de dos estímulos, el primero siendo la acción mecánica que ejerce la molleja sobre el ooquiste causando la alteración de la membrana lo que permitirá que ingresen las sales biliares al ooquiste y el segundo la acción de las sales biliares que consiste en facilitar la entrada de enzimas intestinales que como consecuencia permitirá la salida de los esporozoitos que posteriormente se van a ubicar en el intestino, los que tengan afinidad invadirán el epitelio hasta llegar a las células, una vez aquí el esporozoito sufrirá un cambio denominado “trofozoito” que dará como resultado una nueva célula multinuclear (esquizonte) a través de la replicación asexual (esquizogonia), cada especie de *Eimeria* será responsable del número de esquizogonias, por lo general son de tres a cuatro generaciones. El esquizonte posteriormente completará su maduración y se romperá, liberando los merozoitos que tendrán la capacidad de dar origen a nuevas esquizogonias al invadir células cercanas, en esta fase se producirá la destrucción de las células epiteliales y la destrucción de las vellosidades intestinales generando

un síndrome de mala absorción y como consecuencia provocando la muerte, siendo esta la fase con mayor importancia patológica (Ferre y Gómez, 2019).

Finalmente, La gametogonia (reproducción sexual) sucederá a partir de que las esquizogonias culminen y den lugar a que los merozoitos irrumpen las células contiguas, en esta fase se van a reconocer dos gametos: un gameto femenino y otro gameto masculino. A través de la maduración de los gametos femeninos se va a dar origen a un “macrogameto” mientras que por mitosis el gameto masculino dará origen a “microgametos flagelados”, posteriormente las células que estén invadidas por los macrogametos van a ser invadidas por los microgametos produciéndose la fecundación, dando origen a un huevo o cigoto que se liberará en la materia fecal del huésped, a partir de aquí comenzará de nuevo el ciclo, dando inicio a la etapa exógena ya descrita (Cerón, 2020).

4.5. Generalidades del ajo

El género *Allium* contiene más de 300 especies de plantas, entre ellas se encuentra el ajo que es un bulbo perteneciente a la familia Liliaceae y subfamilia Allioideae. El nombre científico del ajo es *Allium sativum*, el término *Allium* proviene de la palabra All, que significa “ardiente o caliente” mientras que el nombre *sativum* proviene del latín que significa “cultivado”. El ajo se originó en Asia Central, extendiéndose por Europa, África y finalmente a América (Ramírez *et al.*, 2016). Actualmente los principales países productores de ajo son: Brasil, Argentina, Perú, Chile, España, Estados Unidos, Tailandia, Corea, India y China (Greco, 2011).

4.5.1. Composición química del ajo

López (2007) menciona que el ajo tiene distintos componentes, los más destacados son el agua, los carbohidratos (fructosa), compuestos azufrados, aminoácidos libres y fibra. Contiene niveles bajos de vitaminas del complejo B y vitamina E y niveles altos de vitamina A, C y K. Dentro de los minerales el potasio, fosforo y calcio están presentes en mayores cantidades a diferencia del hierro, magnesio, sodio y zinc, aunque también posee un contenido moderado de selenio y germanio. Presenta un alto contenido de compuestos fenólicos, polifenoles y fitoesteroles. Los compuestos azufrados que predominan en el ajo son alicina, aliina,

adenosina, alil metano tiosulfinato, dialil disulfuro, dialil trisulfuro, alil metil triosulfinato, S-alil mercaptocisteína, 2-vinil-4H-1,2-ditiina y 5-alilcisteína.

4.5.2. Propiedades medicinales

El ajo es un producto con propiedades antimicrobianas ya que se ha demostrado que inhibe e induce la muerte de diferentes tipos de bacterias que ponen en riesgo la salud. Otro de sus efectos, es su capacidad antioxidante atribuida a sus compuestos azufrados, aminoácidos libres y selenio, además, previene la oxidación celular gracias a la actividad antioxidante de la S-alil cisteína y alicina. También, muestra una gran funcionalidad en el tratamiento de diferentes patologías como enfermedades cardiovasculares y cáncer (Bhandari, 2012; Ramírez-Concepción *et al.*, 2016).

4.5.3. Efecto antioxidante

La capacidad antioxidante se produce por el contenido de vitaminas (A, C y E) y por la presencia de flavonoides, sin embargo, los principales componentes antioxidantes del ajo son la S-alil-cisteína y la alicina. El efecto antioxidante protege las lipoproteínas de baja densidad de la oxidación por los radicales libres, inhibe la activación del factor nuclear Kappa B (factor de transcripción inducido por oxidantes), refuerza el mecanismo de captación de radicales endógenos y aumenta la actividad de enzimas antioxidantes celulares (superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa, etc.) (González, 2019).

4.5.4. Efecto antimicrobiano

El compuesto orgánico más activo del ajo es la alicina, resultado de la ruptura celular causada por la trituration o el corte lo que provoca que la alinasa (enzima presente en la vacuola) catalice la conversión de aliina (aminoácido azufrado) a alicina (Bhandari, 2012). Se considera que la alicina tiene efectos antimicrobianos porque reduce el perfil de lípidos de los microorganismos, además de que modifica la síntesis del RNA y la biosíntesis de los lípidos de los mismos. Se cree que este mecanismo antimicrobiano se genera a través de la interacción de la alicina con encimas que contienen grupos tiol (proteasas y alcoholdehidrogenasas) ya que este compuesto activo reacciona rápidamente a estos grupos (Rahman, 2007). La alicina

puede inhibir a más de 300 bacterias, por ejemplo: *Salmonella Typhy* y *Salmonella Paratyphy* (Jayanthi, 2010).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del área estudio

El estudio se realizó en el municipio de Atempan el cual se localiza en el estado de Puebla. Colinda al norte con los municipios de Tételes de Ávila Castillo y Chignautla; al este con el municipio de Chignautla; al sur con los municipios de Chignautla y Tlatlauquitepec; al oeste con los municipios de Tlatlauquitepec y Tételes de Ávila Castillo. Su ubicación geográfica se encuentra entre los paralelos 19° 45' y 19°51' de latitud norte; los meridianos 97° 24' y 97° 29' de longitud oeste, el municipio se encuentra a una altitud entre 1 800 y 2 800 msnm, presenta temperaturas de 12 – 16 °C y un rango de precipitación de 900 – 1 500 mm (INEGI, 2010).

5.2. Fase experimental

El estudio tuvo un tiempo de duración de siete semanas, en este se ocuparon 90 pollos de la línea Ross 308 de siete días de edad con un peso de 86 ± 5 g, los animales fueron alojados en tres módulos divididos cada uno en tres corrales, teniendo un área de 1 m² cada corral. Cada corral tuvo una capacidad de 10 aves distribuidas completamente al azar.

5.2.1. Manejo de las aves e instalaciones

Para la recepción de los pollos, se realizó el lavado y desinfección de los corrales dos semanas antes utilizando agua y jabón para la limpieza general además se empleó yodo al 25 % como desinfectante, así mismo, los comederos y bebederos fueron lavados. Semanalmente se realizó la limpieza general de los corrales. Las aves fueron vacunadas contra Newcastle el día 7 y 21 del experimento.

5.2.2. Preparación de la harina de ajo

El ajo se obtuvo localmente, este fue pelado y picado para meterlo a la estufa de la marca Riossa durante 24 h a 75 °C (Fante y Zapata, 2015). Finalmente, se procedió a pulverizarlo con un molino de mano de la marca Ferrepat para adicionarlo en la dieta.

5.2.3. Alimentación y dietas

El alimento y el agua se proporcionaron a libre acceso durante siete semanas, de los cuales en los primeros 27 días se proporcionó la dieta de iniciación (Cuadro 1) y de los 27 días al resto del experimento se proporcionó la dieta de finalización (Cuadro 2). Las dietas se formularon a base de sorgo y pasta de soya, estas fueron isoprotéicas e isoenergéticas con el fin de cubrir los requerimientos nutritivos para el pollo de engorda sugeridos por el (NRC, 1994).

Cuadro 1. Composición de dietas experimentales para pollos de engorda en la etapa de iniciación.

Ingredientes (%)	T1	T2	T3
Monensina sódica	0.015	-	-
Harina de ajo	-	7.00	8.00
Pasta de Soya	33.00	33.00	33.00
Sorgo	60.60	53.60	52.60
Aceite de soya	3.00	3.00	3.00
Lisina	0.10	0.10	0.10
Metionina	0.04	0.04	0.04
Treonina	0.10	0.10	0.10
Carbonato de calcio	1.50	1.50	1.50
Ortofosfato de calcio	0.70	0.70	0.70
Premezcla de vitaminas	0.30	0.30	0.30
Sal común	0.40	0.40	0.40
Total	100	100	100
Aporte nutricional			
Proteína (%)	22	22	22
EM Kcal/Kg	3000	3000	3000

T1, 125 ppm monensina sódica; T2, 7% harina de ajo; T3, 8% harina de ajo; EM, energía metabolizable; Kcal, kilocalorías; Kg, kilogramos.

Cuadro 2. Composición de dietas experimentales para pollos de engorda en la etapa de finalización.

Ingredientes (%)	T1	T2	T3
Monensina sódica	0.015	-	-
Harina de ajo	-	7.00	8.00
Pasta de Soya	27.00	27.00	27.00
Sorgo	67.00	60.00	59.00
Aceite de soya	3.00	3.00	3.00
Lisina	0.10	0.10	0.10
Metionina	0.04	0.04	0.04
Treonina	0.10	0.10	0.10
Carbonato de calcio	1.50	1.50	1.50
Ortofosfato de calcio	0.70	0.70	0.70
Premezcla de vitaminas	0.30	0.30	0.30
Sal común	0.40	0.40	0.40
Total	100	100	100
Aporte nutricional			
Proteína (%)	20	20	20
EM Kcal/Kg	3000	3000	3000

T1, 125 ppm monensina sódica; T2, 7% harina de ajo; T3, 8% harina de ajo; EM, energía metabolizable; Kcal, kilocalorías; Kg, kilogramos.

5.3. Diseño experimental y tratamientos

Para el experimento se evaluaron los siguientes tratamientos:

- T1, 125 ppm monensina sódica
- T2, 7 % harina de ajo
- T3, 8 % harina de ajo

Los porcentajes antes mencionados se emplearon en la dieta para pollos de engorda, para el ensayo se aplicaron dos niveles de ajo en polvo (T2), (T3) y un coccidiostato ionoforo (T1) como tratamiento testigo, con tres repeticiones cada uno y cada repetición constó de diez aves.

Se utilizó un diseño completamente al azar y el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variables evaluadas

μ : Media general

T_i : Efecto de los tratamientos

E_{ij} : Error experimental

5.4. Variables a evaluar

5.4.1. Variables productivas

Semanalmente se midieron las siguientes características:

a) Alimento consumido (AC): El alimento se pesó semanalmente durante toda la fase experimental utilizando una báscula digital de la marca Guian Mexico, el AC se obtuvo por la diferencia del peso del alimento ofrecido menos el peso del alimento sobrante de cada repetición, dividido entre el número de aves y el número de días. El valor se reportó en g y se obtuvo con la siguiente formula:

AC: (alimento ofrecido (g) – sobrante (g)) / número de animales / número de días

b) Ganancia de peso (GP): Las aves fueron pesadas semanalmente durante toda la fase experimental utilizando una báscula digital de la marca Guian Mexico, la GP se obtuvo por la diferencia del peso final menos el peso inicial del ave, dividido entre el número de días. El valor se reportó en g y se obtuvo con la siguiente formula:

GP: (peso final g - peso inicial g) / número de días

c) Conversión alimenticia (CA): Esta variable se calculó semanalmente durante todo el experimento, dividiendo el valor del alimento consumido entre la ganancia de peso. Se obtuvo con la siguiente formula:

CA: alimento consumido (g) / ganancia de peso (g)

d) Porcentaje de mortalidad: Esta variable fue registrada diariamente, sin embargo, los resultados se obtuvieron al final del experimento. La mortalidad de las aves se obtuvo

mediante la relación que existió entre los animales muertos sobre el total de los animales vivos multiplicado por cien. El valor se reportó en porcentaje y se obtuvo con la siguiente formula:

$$\% M = (\text{número aves muertas} / \text{número aves totales}) * 100$$

- e) **Peso vivo:** Esta variable se midió semanalmente durante toda la fase experimental, cada ave se pesó utilizando una báscula digital de la marca Guian Mexico. El valor se reportó en g.

5.4.2. Variables fisicoquímicas de la carne

En la séptima semana del experimento se sacrificaron dos aves por cada repetición, utilizando solo la pierna izquierda 24 h *post mortem* para obtener los valores de las siguientes características:

- a) **pH:** El procedimiento consistió en tomar una muestra de 5 g de la pierna izquierda finamente picada para mezclarla con 100 ml de agua destilada, la mezcla se vertió en un frasco de vidrio y posteriormente con el potenciómetro de la marca Conductronic calibrado se obtuvo en pH y al terminar de hacer cada medición se enjuagó el electrodo con agua destilada (Mc Curdy *et al.*, 1996).
- b) **Color:** El procedimiento consistió en cortar una muestra de 5 cm de longitud de la pierna izquierda, la determinación del color se obtuvo utilizando un medidor de colorimetría CR – 410 de la marca Konica Minolta el cual midió las escaladas de luminosidad (L), el índice de color rojo (a) y el índice de amarillamiento (b) (Qiao *et al.*, 2002).
- c) **Capacidad de retención de agua (CRA):** Esta variable se midió por el método de presión en papel filtro de Grau y Hamm (1957) que consiste en colocar una muestra de 5 g de carne entre dos papeles filtro de la marca Eaton - Dikeman y sobre ello colocar un objeto de un peso de 2 kg durante 5 minutos. La capacidad de retención agua se calculó como porcentaje de agua expelida (PAE), el valor del peso del agua se obtuvo por la diferencia que existe entre el peso del papel filtro húmedo y el papel filtro seco, para desarrollar la siguiente formula se debió obtener el peso del agua para dividirlo entre el peso de la muestra y multiplicarlo por cien.

$$PAE = [(\text{peso agua} / \text{peso muestra}) * 100]$$

5.4.3. Carga parasitaria

Para medir esta variable se tomaron tres muestras de heces por cada repetición, en los días 1, 21 y 47 del experimento, las muestras se recolectaron directamente de la cloaca utilizando una espátula, se colocó cada muestra en bolsas de polipapel y se almacenaron en el refrigerador para posteriormente analizarlas en el laboratorio.

Se utilizó la técnica coproparasitoscópica cuantitativa de McMaster que permite evaluar indirectamente la carga parasitaria, esta consistió en tomar una muestra de 2 g de heces para diluirla en la solución salina saturada en un volumen de 28 ml en una probeta, los cuales permitirán el desplazamiento de la suspensión en un volumen total de 30 ml. Una vez homogenizada la muestra se dejó reposar durante 10 minutos, después con un gotero se depositó el volumen suficiente para llenar la cámara de McMaster evitando formar burbujas, finalmente se contabilizaron los ooquistes con ayuda del microscopio de la marca Leica con el objetivo 10x. La cámara McMaster tiene dos compartimentos, cada uno mide un cm^2 y 0.15 cm de altura, dando una suma total de los dos compartimentos de 0.30 ml lo que equivale al 100%, por lo que la cantidad de huevos u ooquistes contabilizados se multiplico por 100 y se dividió entre dos puesto que se utilizaron 2 g de heces, expresando el resultado como el número de ooquistes por gramo de heces (Rodríguez-Vivas y Cob, 2005).

5.4.4. Longitud de las vellosidades

Se midieron 15 vellosidades intestinales por repetición tanto del duodeno como del yeyuno, la longitud se midió desde el área basal hasta su vértice reportándose el valor en micras (μm). Las medidas se obtuvieron mediante un software llamado ImageJ y una fotografía del corte coloreado tomada desde el microscopio de la marca Leica, para obtener el corte coloreado se debe llevar a cabo la técnica histológica que consiste en un conjunto de procedimientos aplicados a un material biológico con el objetivo de prepararlo para poder observar componentes morfológicos a través del microscopio electrónico. A continuación, se mencionarán los pasos para realizar la técnica histológica (Montalvo, 2010):

- a) Toma de la muestra: En la semana siete del experimento las aves estuvieron en ayunas de sólidos durante 12 horas, se eliminaron al azar dos aves por cada repetición, luego de confirmar la muerte de las aves se obtuvo una muestra por medio de cortes

transversales del duodeno y yeyuno con una longitud de 3 cm cada una, las muestras fueron lavadas con agua destilada y formol al 10 %.

- b) Fijación:** Las muestras fueron fijadas en formol al 10% por 24 h para preservar su morfología.
- c) Inclusión:** Después de la etapa de fijación se procedió a deshidratar las muestras por medio de una serie de alcoholes ascendentes (70 %, 95 % y 100 %) para eliminar el agua de los tejidos fijados. Posteriormente se realizó el aclaramiento de la muestra por medio del xilol para dar paso al proceso de impregnación de la muestra por medio de parafina histológica líquida que le dio un soporte físico intracelular al corte a temperaturas de 60°C, finalmente se realizó el proceso de inclusión en donde se formaron bloques de parafina con el tejido en su interior para dar un soporte físico a nivel macro para que la muestra pueda ser cortada por un micrótopo.
- d) Microtoma:** En esta etapa se utilizó el microtopo de rotación tipo Minot de la marca American Optical para realizar cortes delgados y transparentes de los bloques que tenían integrados el tejido y la parafina. Después los cortes fueron sometidos a un baño de flotación compuesto por agua destilada y gelatina a 45°C con el objetivo de poder ser tomados por un portaobjeto sin desprenderse, para que los cortes quedaran firmemente adheridos al portaobjetos, estos se colocaron horizontalmente dentro de una estufa de la marca Arsa a 50°C durante 3 a 4 horas.
- e) Tinción:** Se utilizó la coloración de hematoxilina – eosina que consiste en desparafinar los cortes en xilol e hidratarlos en una serie en baños de alcohol en forma descendente (100 %, 95 % y 70%), un baño de agua corriente y dos baños de agua destilada. Después los cortes se colorearon con una solución de hematoxilina durante 3 minutos, seguidamente se lavaron en agua destilada, agua corriente y de nuevo en agua destilada. Después del lavado se procedió a colorear los cortes con una solución de eosina durante 3 minutos. En el proceso de deshidratación, los cortes fueron sometidos a baños ascendientes de alcohol etílico (70 %, 95 % y 100%) y en el proceso de aclaración de los cortes se empleó xilol.
- f) Montaje:** Este proceso consistió en proporcionarle a los cortes condiciones de protección para poderlos utilizar infinitas veces sin que se deterioren, esto se logró colocando una gota de una sustancia adherente sobre el corte coloreado y encima de

ellos una laminilla cubreobjetos.

5.5. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (2006), las diferencias de medias entre tratamientos se realizaron con la prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables productivas

En el Cuadro 3 y 4 se muestran los resultados de las variables productivas del experimento que constó de tres tratamientos T1 (125 ppm de monensina sódica), T2 (7 % harina de ajo) y T3 (8 % harina de ajo), mostrándose que si existieron diferencias significativas en la semana 1, 2, 3 y 7. En la semana 1 existieron diferencias significativas ($P<0.05$) en las cuatro variables (AC, GP, CA y PV) siendo mejores para el tratamiento 1, lo que indica que en esa semana la inclusión de harina de ajo afectó a todas las variables. En la semana 2 existieron diferencias significativas ($P<0.05$) en las variables GP y PV, ambas fueron mayores en el tratamiento 1 a diferencia a los tratamientos 2 y 3. En la semana 3 existieron diferencias significativas ($P<0.05$) en las variables AC y PV, ambas fueron mayores en el tratamiento 1 frente a los tratamientos 2 y 3. En la semana 7 existió diferencia significativa ($P<0.05$) solo para la variable AC, siendo mayor para el tratamiento 1 a diferencia de los tratamientos 2 y 3. Respecto a la mortalidad, esta se concentró de la semana 4 a la 6 y no existió diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos difieren con lo mencionado por Altamirano (2022) quien mencionó que el extracto de ajo y cebolla (6 %) diluido en 94 % agua mejora los parámetros productivos (AC, GP y CA) del pollo de engorda, así mismo Sánchez (2022) sugirió que el ajo se puede utilizar siempre en una proporción de 60 gramos por kilogramo de concentrado para que tenga efectividad, en otro estudio realizado por Elagib *et al.* (2013) señalaron que la adición de ajo en polvo al 3 % en la dieta para pollo de engorda aumentó el consumo de alimento, el peso vivo y la ganancia de peso. La diferencia en los resultados se puede deber a que los autores mencionados utilizaron niveles más bajos de ajo y tienen como tratamiento testigo la nula inclusión de este, mientras que en presente experimento se utilizaron niveles más altos de ajo y se utilizó un coccidiostato ionoforo (monensina sódica) como tratamiento testigo (T1), lo que puede derivar que si bien los tratamientos con inclusión de harina de ajo (T2: 7 % y T3: 8 %) no tuvieron los mejores parámetros productivos, si lograron igualar al coccidiostato ionoforo en la segunda mitad del experimento.

Cuadro 3. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre los parámetros productivos de pollos de engorda de la línea Ross 308.

Trat	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
Alimento consumido (g)							
T1	20.66 a	54.10	89.99 a	127.33	134.52	158.15	160.33 a
T2	18.86 b	49.02	84.00 b	125.52	125.91	139.96	140.48 b
T3	18.28 b	47.60	82.23 b	126.19	122.28	142.81	135.29 b
EEM	0.41	1.39	1.36	1.11	2.71	4.45	4.48
P	0.01	0.12	0.02	0.84	0.17	0.21	0.02
Ganancia de peso (g)							
T1	14.50 a	32.95 a	48.28	75.12	69.42	87.08	80.14
T2	11.78 b	29.47 b	47.62	81.59	65.83	76.33	79.49
T3	10.64 b	28.35 b	47.04	75.07	69.07	81.40	75.95
EEM	0.61	0.83	0.72	2.04	2.02	4.12	3.00
P	0.01	0.03	0.83	0.37	0.78	0.63	0.87
Conversión alimenticia							
T1	1.42 b	1.64	1.87	1.70	1.94	1.85	2.01
T2	1.60 a	1.66	1.77	1.63	1.78	1.86	1.78
T3	1.71 a	1.67	1.75	1.68	1.77	1.76	1.80
EEM	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.06	0.05
P	0.01	0.91	0.18	0.71	0.04	0.80	0.16

a-b Letras diferentes por columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$); T1, 125 ppm monensina sódica; T2, 7 % harina de ajo; T3, 8 % harina de ajo; EEM, error estándar de la media; g, gramos.

Cuadro 4. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre el peso vivo y la mortalidad de los pollos de engorda de la línea Ross 308.

Trat	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
Peso vivo (g)							
T1	191.00 a	421.67 a	759.67 a	1285.50	1771.47	2381.00	2942.00
T2	171.33 b	377.67 b	711.00 b	1282.17	1743.00	2277.33	2833.73
T3	163.33 b	361.83 b	691.17 b	1216.67	1700.17	2270.00	2801.67
EEM	4.46	9.92	11.56	15.06	18.31	29.34	37.86
P	0.01	0.01	0.01	0.09	0.31	0.24	0.32
Mortalidad (%)							
T1	0	0	0	3.33	4.44	4.44	0
T2	0	0	0	3.33	3.33	6.66	0
T3	0	0	0	4.99	6.66	3.33	0
EEM	SN	SN	SN	0.66	0.66	0.81	SN
P	SN	SN	SN	0.62	0.55	0.55	SN

a-b Letras diferentes por columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$); T1, 125 ppm monensina sódica; T2, 7 % harina de ajo; T3, 8 % harina de ajo; EEM, error estándar de la media; g, gramos; SN, sin analizar.

6.2. Variables fisicoquímicas de la carne

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de las variables fisicoquímicas de la carne, mostrándose que para los tres tratamientos en las variables CRA y color no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$), sin embargo, en el pH si, siendo menor para el tratamiento 1 presentando estadísticamente diferencia significativa ($P < 0.05$) frente a los resultados obtenidos en los tratamientos 2 y 3.

En un estudio realizado por Kim *et al.* (2009) se evaluó el efecto de la suplementación con diferentes niveles de harina de ajo (2 y 4 %) sobre el pH, siendo los resultados (5.91 y 5.78) diferentes a los obtenidos en este estudio, por otro lado, Cori *et al.* (2014) mencionan que el pH normal en la carne de pollo es de 6.32 ± 0.30 , siendo similar a los resultados obtenidos en

los tres tratamientos y respecto al color, mencionan que los valores de luminosidad, índice de color rojo e índice color amarillo correctos para la carne de pollo son de 48.79 ± 4.03 , 4.94 ± 2.02 y 9.92 ± 0.99 respectivamente, lo que significa que respecto a la luminosidad e índice de color rojo todos los tratamientos coinciden dentro del rango, sin embargo, en el índice de color amarillo todos los tratamientos se encuentran por debajo del rango sugerido por el autor. Respecto a la capacidad de retención de agua, los resultados de los tratamientos fueron menores a los reportados por Rengifo y Ordóñez (2010) quienes analizaron la CRA en carne fresca de diferentes especies entre ellas el pollo y a los reportados por Kim (2010) quien evaluó diferentes niveles (1, 2 y 5 %) de subproductos de ajo, lo cual pudo deberse a las variaciones del método para medir la CRA.

Cuadro 5. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre las variables fisicoquímicas de la carne de pollos de engorda de la línea Ross 308.

Trat	pH	CRA	Color		
			L*	a*	b*
T1	6.22 b	6.67	54.27	4.37	1.57
T2	6.41 a	6.00	55.33	3.74	-0.54
T3	6.36 a	6.67	52.59	4.36	0.28
EEM	0.02	0.44	1.02	0.37	0.65
P	0.01	0.80	0.57	0.76	0.44

a-b Letras diferentes por columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$); T1, 125 ppm monensina sódica; T2, 7 % harina de ajo; T3, 8 % harina de ajo; EEM, error estándar de la media; pH, potencial hidrogeno; CRA, capacidad de retención de agua; L*, luminosidad; a* color rojo; b*, color amarillo.

6.3. Carga parasitaria

El-Khtam *et al.* (2014) Mencionan que el ajo en polvo (5 y 10 g L^{-1}) añadido al agua para pollos infectados con especies de *Eimeria*, fue eficaz para el tratamiento y control de la coccidiosis. Respecto a los análisis coproparasitológicos de los tratamientos, arrojaron que las muestras tomadas resultaron negativas para cualquier forma parasitaria, la ausencia de ooquistes de *Eimerias* se pudo deber al entorno donde se encontraban alojadas las aves y a su

buen manejo, además de que las aves desde el primer día que ingresaron a los corrales fueron alimentadas con las dietas suplementadas con diferentes niveles de harina de ajo y un coccidiostato ionoforo, lo que pudo inhibir la proliferación de parásitos.

6.4. Longitud de las vellosidades intestinales

En el Cuadro 6 se muestran los resultados sobre la longitud de las vellosidades del experimento que constó de tres tratamientos T1 (125 ppm de monensina sódica), T2 (7 % harina de ajo) y T3 (8 % harina de ajo), mostrándose que tanto para la longitud de las vellosidades del duodeno como en las del yeyuno si existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) a favor del tratamiento 3 respecto a los resultados obtenidos en los tratamientos 1 y 2.

En un estudio realizado por Lee *et al.* (2016) concluyeron que la adición de ajo fermentado con *Leuconostoc citreum* SK2556 (0.1, 0.3 y 0.5 %) no mejoró la altura de las vellosidades del yeyuno, esto se puede deber a que en el estudio antes mencionado se utilizaron dosis muy pequeñas de ajo a diferencia del presente estudio, sin embargo, los resultados obtenidos coinciden con lo mencionado por Mosquera y Nieto (2023) quienes observaron un crecimiento significativo en la altura de vellosidades intestinales en los pollos de engorda que recibieron una suplementación de 60 gramos de ajo por kilogramo de alimento.

Cuadro 6. Efecto de los niveles de harina de ajo en la dieta sobre la longitud de las vellosidades intestinales de pollos de engorda de la línea Ross 308.

Trat	LVD (μm)	LVY (μm)
T1	150.93 b	128.81 b
T2	153.56 b	127.44 b
T3	157.93 a	133.26 a
EEM	1.08	0.91
P	0.03	0.02

a-b Letras diferentes por columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$); T1, 125 ppm monensina sódica; T2, 7 % harina de ajo; T3, 8 % harina de ajo; EEM, error estándar de la media; LVD, longitud de las vellosidades del duodeno; LVY, longitud de las vellosidades del yeyuno; μm , micras.

VII. CONCLUSIONES

En los parámetros productivos, se concluyó que los tratamientos con inclusión de harina de ajo (7 y 8 %) no mejoraron en las primeras semanas el AC, GP, CA y PV, sin embargo, en la segunda mitad del experimento la inclusión de ajo al 7 y 8 % logró igualar al tratamiento testigo (monensina sódica) en la mayoría de las variables excepto al alimento consumido.

En las características fisicoquímicas de la carne se determinó que no hubo efecto entre los tratamientos respecto a la CRA y el color, sin embargo, el PH fue mejorado con la inclusión de ajo (7 y 8 %).

Respecto a la carga parasitaria, no se encontraron ooquistes en las muestras analizadas sugiriendo que la harina de ajo al 7 y 8 % ayudó a prevenir la coccidiosis.

En la longitud de las vellosidades, la inclusión de harina de ajo al 8 % mejoró la longitud de las vellosidades del duodeno como las del yeyuno, lo que podría indicar que la inclusión de harina de ajo es una posible alternativa ante el uso de coccidiostatos sintéticos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Altamirano M. C. B. 2022. Evaluación productiva de pollos broiler en crecimiento-ceba con la aplicación del extracto *Allium sativum* y *Allium cepa* como promotor de crecimiento. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador. 65 p.
- Arnaiz V, 2012. Programa de promotores y anticoccidiales: visión de un nutricionista. In: XV Reunión de la Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Avicultura Del Ecuador (AMEVEA). Quito, Ecuador. pp: 178- 183.
- Barrios M. L. K. 2020. Efecto del extracto Hidroalcohólico de la semilla de palta (*Persea Americana Mill*) en el Tratamiento de coccidiosis en pollos (*Gallus Gallus Domesticus*). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Huánuco, Perú. 90 p.
- Bhandari P. R. 2012. Garlic (*Allium sativum* L.): A review of potential therapeutic applications. International Journal of Green Pharmacy (IJGP) 6 (2):118.
- Camacho F. J. C. y A. M. Vinchira O. 2016. Correlación entre el suministro de extracto de ajo en pollos Broiler como promotor de crecimiento. En línea: <https://bit.ly/2tqz7dW>. Consultado: 15/09/2023.
- Cerón C. F. E. 2020. Uso de saponinas de origen natural para el control de coccidiosis aviar en pollos de engorde. Tesis de Licenciatura. Universidad Científica del Sur. Lima, Perú. 45 p.
- Conway D. P. and E. McKenzie M. 2007. Poultry coccidiosis: diagnostic and testing procedures. 3th ed. Blackwell Publishing. Iowa, USA. pp: 7-10.
- Cori M. E., C. Michelangeli, V. De Basilio, R. Figueroa y N. Rivas. 2014. Solubilidad proteica, contenido de mioglobina, color y pH de la carne de pollo, gallina y codorniz. Archivos de zootecnia 63 (241):133-143.
- Coscojuela P., E. Arandilla, C. Álvares, E Guillamon, A. Baños and R. López. 2011. Evaluation of the activity of two garlic compounds (pts and ptso) and its commercial preparation against Salmonella enteric in laying hens. In: XV Congress European Society Veterinary and Comparative Nutrition. Zaragoza, Spain. pp: 89-113.

- Del Cacho M. E. 2013. Coccidiosis: la enfermedad, consecuencias y tratamiento. En línea: https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/emilio_del_cacho.pdf. Consultado: 16/10/2023.
- Elagib A., A. El-Amin and E. Elamin. 2013. Effect of Dietary Garlic (*Allium sativum*) Supplementation as Feed Additive on Broiler Performance and Blood Profile. *Journal of Animal Science Advances* 3 (2):58.
- El-Khtam A. O., A. Abd El Latif and M. H. El-Hewaity. 2014. Efficacy of turmeric (*Curcuma longa*) and garlic (*Allium sativum*) on *Eimeria* species in broilers. *International Journal of Basic and Applied Sciences* 3 (3):349.
- Espejo M. R. 2014. Evaluación experimental de las saponinas del Quillay (*Quillaja saponaria*) como inhibidoras del desarrollo de coccidias intestinales en pollos de engorda. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. 71 p.
- Fante L. and C. P. Zapata N. 2015. Quality of hot air dried and freeze-dried of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Science and Technology* 52 (1):211-220.
- Ferre I. y Gómez M. 2019. Etiología y Patogenia de la coccidiosis aviar. En línea: <https://www.veterinariargentina.com/revista/2019/01/etiologia-y-patogenia-de-la-coccidiosis-aviar/>. Consultado: 17/09/2023.
- Guiner A. 2018. Control de la coccidiosis mediante anticoccidiales en el pienso. En línea: <https://avinews.com/control-de-la-coccidiosis-mediante-anticoccidiales-en-el-pienso/>. Consultado: 17/09/2023.
- González C. P. E. 2019. Evaluación del efecto de los extractos de ajo (*Allium sativum*) y cebolla (*Allium cepa*) en pollos broiler para mejorar las condiciones sanitarias-productivas. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador. 68 p.
- Grau R. und R. Hamm. 1957. Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. II. Mitteilung. Über die Bestimmung der Wasserbindung des Muskels. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung* 105 (6):446-460.
- Greco M. F. 2011. Estudio de procesos de deshidratación industrial de ajo con la finalidad de preservar alicina como principio bioactivo. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. 60 p.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal. En línea: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=070000210017#collapse-Resumen>. Consultado: 18/09/2023.
- Jayanthi A. 2010. Evaluation of antimicrobial activity of herbal extracts against *Salmonella*. *Journal of Pharmacy Research* 3 (8):1981-1983.
- Johnson J. and M. Reid W. 1970. Anticoccidial drugs: lesion scoring techniques in battery and floor-pen experiments with chickens. *Experimental Parasitology* 28 (1):30-36.
- Kadykalo S., T. Roberts, M. Thompson, J. Wilson, M. Lang and O. Espeisse. 2018. The value of anticoccidials for sustainable global poultry production. *International Journal of Antimicrobial Agents* 51 (3):304-310.
- Kim Y. J. 2010. Effects of dietary supplementation of garlic by-products on total phenol contents, DPPH radical scavenging activity, and physicochemical properties of chicken meat. *Food Science of Animal Resources* 30 (5):860-866.
- Kim Y. J., S. K. Jin, and H. S. Yang. 2009. Effect of dietary garlic bulb and husk on the physicochemical properties of chicken meat. *Poultry Science* 88 (2):398-405.
- Lee, K. W., K. C. Lee, G. H. Kim, J. H. Kim, J. S. Yeon, S. B. Cho and S. K. Kim. 2016. Effects of dietary fermented garlic on the growth performance, relative organ weights, intestinal morphology, cecal microflora and serum characteristics of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 18 (3):511-518.
- López T. L. M. 2007. El ajo: Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Offarm: Farmacia y Sociedad* 26 (1):78-81.
- McCurdy R. D., S. Barbut and M. Quinton. 1996. Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. *Food Research International* 29 (3-4):363-366.
- Montalvo A. C. E. 2010. Técnica histológica. Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Biología Celular y Tisular. 12 p.
- Mosquera B. D. E y I. Nieto M. 2023. Evaluación morfométrica y medición de longitud en vellosidades intestinales en pollos de engorde de la línea Ross 500 suplementados con ajo (*Allium sativum*) a diferentes dosis en el concentrado comercial en el municipio de Popayán. Tesis de Licenciatura. Universidad Antonio Nariño Popayán. Cauca, Colombia. 35p.

- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th. ed. National academy press, Washington. 173 p.
- Peinado M. J., R. Ruiz, A. Echávarri. and L. A. Rubio. 2012. Garlic derivative propyl propane thiosulfonate is effective against broiler enteropathogens in vivo. Poultry Science 91 (9):2148-2157.
- Perotti. M. 1996. El control de la coccidiosis en la cría de barrillero y ejemplares de reposición. Avicultura Andina 4 (14):238-272.
- Pilay P. K. J. 2020. Fitofármacos en la prevención de coccidiosis y efectos sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde. Tesis de Maestría. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 93 p.
- Qiao M., L. Fletcher D., K. Northcutt J., and P. Smith D. 2002. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. Poultry Science 81 (3):422-427.
- Quiroz-Castañeda R. E. (2018). Avian coccidiosis, new strategies of treatment. En línea: <https://www.intechopen.com/chapters/59305>. Consultado: 30/09/2023.
- Rahman M. S. 2007. Allicin and other functional active components in garlic: Health benefits and bioavailability. International Journal of Food Properties 10 (2):245-268.
- Ramírez-Concepción H. R., L. N. Castro-Velasco y E. Martínez-Santiago. 2016. Efectos terapéuticos del ajo (*Allium sativum*). Revista Salud y Administración 3 (8):39-47.
- Rengifo G. L. I. y E. S. Ordóñez G. 2010. Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en la carne de pollo, ovino, conejo y pescado paco. Revista del Encuentro Científico Internacional 7 (2):9-9.
- Rodríguez-Vivas R. I. y L. A. Cob G. 2005. Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. 2da. ed. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. pp: 39-108.
- Sánchez C. M. V. 2022. Evaluación del efecto de la suplementación con ajo (*Allium sativum*) en relación con la carga parasitaria, valores hematológicos e indicadores de producción en pollo de engorde (*Gallus gallus domesticus*) de la línea Ross en la ciudad de Popayán – Cauca. Tesis de Licenciatura. Universidad Antonio Nariño. Popayán, Colombia. 65 p.
- SAS (Statistical Analysis System Institute). 2006. SAS, User's Guide Vers 9.0. SAS Institute Inc. Cary, USA.

- Soulsby E. J. L. 1987. Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos. 7ma edición. Nueva Editorial Interamericana. Ciudad de México, México. pp: 639-658.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 2021. Avicultura, un sector estratégico para la alimentación en México. En línea: <https://una.org.mx/industria/>. Consultado: 04/09/2023.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 2022. Compendio de indicadores económicos del sector avícola. En línea: <https://una.org.mx/indicadores-economicos/>. Consultado: 04/09/2023.
- Vázquez G. G. G. 2010. Indicadores zootécnicos en un programa de pollos de engorde (broilers) con la aplicación de diferentes dosis de concentrado de ajo (*Allium sativum*) a la dieta alimenticia. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Manabí, Ecuador. 118p.
- Velasco A. A. 2020. Evaluar la replicación de occistos en forma objetiva utilizando la vacuna de coccidiosis aviar en tipo parrillero en Arani Quillacollo y Punata. En línea: <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/20787>. Consultado: 17/09/2023.
- Yúño M. M. y L. M. Gogorza. 2008. Coccidiosis aviar: respuesta inmune y mecanismos de control en la industria avícola. Revista veterinaria 19 (1):61-66.



Oficio No. FCAyP/699/2023

Gabriela Encarnación Rosas
Egresada de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P R E S E N T E

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Eutiquio Soni Guillermo (**Director de Tesis**), Dra. Jennifer Pérez Martínez (**Codirectora**), Dr. Edgar Valencia Franco (**Asesor**) y Dr. Marcos Pérez Sato (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

***Allium sativum* como fuente de coccidiostato natural en dietas para pollos de engorda**

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 29 de Noviembre de 2023.

Dr. Armando Ibáñez Martínez

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias



c.c.p. - Archivo y Minutario
Dr. AM/insm