



Universidad Nacional del Sur  
Departamento de Agronomía

# **“Evaluación del peso y tamaño de órganos en pollos parrilleros adicionando a la dieta harina de chía (*Salvia hispánica* L.) e hidroxitirosol”**



**Alumno: Cóccaro, Dardo Rubén.**

**Docente Tutor: Mgtr. Med. Vet. Fernández, Hebe**

**Docentes consejeros: - Mgtr. Ing. Agr. Salerno, Carmen**

**- Mgtr. Ing. Agr. Piñeiro, Verónica**

Tesina para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

26 de junio, 2020

## **AGRADECIMENTOS**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis papás, Marcelo y Claudia, por su esfuerzo y apoyo incondicional en todos estos años. Siguieron confiando en mí, a pesar de los traspies universitarios de los primeros años.

A mis hermanos y a mi novia, por su comprensión ayuda y por compartir mí deseo.

A mis amigos, los del pueblo, y los que conocí en la carrera. Hicieron que estos años de estudio fueran más llevaderos y reconfortantes.

Al Departamento de Agronomía, a Gabriela Iannamico por toda su colaboración y a Verónica Piñeiro y Carmen Salerno que siempre estuvieron a disposición cuando las necesite. En especial y con un profundo afecto a Hebe Fernández, quien me enseñó en lo académico, pero también en lo humano.

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
1.1	Situación Avícola Argentina.....	5
1.2	Importancia de los Ácidos grasos Omega n-3 en la dieta del hombre.....	7
1.2.1.	<i>Salvia hispánica</i> (Chía) como fuente de ácidos grasos omega n-3.....	7
1.2.2	Importancia del agregado de una fuente de omega n-3 en la dieta de pollos parrilleros sobre el peso de diferentes órganos.....	8
1.3	Uso de Enzimas en la Producción Animal.....	9
1.3.1	Efecto de las enzimas sobre los polisacáridos no amiláceos (PNA) de la harina de chía y su consecuencia sobre el peso de diferentes órganos en pollos parrilleros.....	10
1.4	Antioxidantes.....	11
1.4.1	Hidroxitirosol un potencial antioxidante.....	11
1.4.2	Efecto del adiciónado de hidroxitirosol en la dieta de pollos parrilleros.....	12
1.5	Uso combinado de harina de chía, hidroxitirosol y enzimas.....	13
<b>2</b>	<b>HIPOTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	15
2.1	Hipótesis.....	15
2.2	Objetivo General.....	15
2.3	Objetivos Particulares.....	15
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	16
3.1	Localización del lugar de trabajo.....	16
3.2	Instalaciones.....	16
3.3	Animales y Manejo.....	16
3.4	Dietas Experimentales.....	17
3.5	Determinaciones.....	21
3.5.1	Determinación del peso de los órganos.....	21
3.5.2	Determinación del pH del yeyuno.....	21
3.5.3	Análisis estadístico.....	21
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	22
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	28
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	29

## RESUMEN

El objetivo del presente experimento fue evaluar el efecto del uso combinado de chía/antioxidante o chía/antioxidante y enzimas sobre el peso de diferentes órganos, pH del contenido intestinal y largo del intestino delgado y grueso de pollos parrilleros. Se utilizaron 90 pollos parrilleros línea Cobb provenientes de una incubadora comercial. Luego de ser sometidos a un alimento iniciador durante los primeros 21 días, se conformaron 30 grupos de 3 animales cada uno (5 grupos por dieta), estos fueron colocados de manera aleatorizada en corrales experimentales. Desde los 22 días de edad hasta los 42, los animales fueron sometidos a los siguientes tratamientos: - C, control; - W<sub>3</sub>, 10% de harina de chía; - W<sub>3</sub>+Ez, 10% de harina de chía + enzima – W<sub>3</sub>+Ez+H, 10% de harina de chía + hidroxitirosol + enzima; - W<sub>3</sub>+H, 10% de harina de chía + hidroxitirosol; - H, con el agregado de hidroxitirosol únicamente. En todos los tratamientos el consumo de alimento fue *ad libitum* asegurando un rechazo del 10%. A los 42 días de edad 5 pollos por tratamiento elegidos al azar, fueron faenados, diseccionados y pesado los órganos hígado, páncreas, molleja, proventrículo, bolsa de Fabricio, bazo, corazón, intestino delgado y ciego. A su vez, se midió el largo de intestino delgado, ciegos y se registró el pH del contenido de intestino delgado. No se encontraron diferencias en el peso de páncreas, proventrículo, bolsa de Fabricio, bazo y corazón como así tampoco en el pH. El hígado mostró una disminución de peso cuando se adicionó el complejo enzimático o el antioxidante a la harina de chía. Se observó una tendencia a mayor peso y largo de intestino delgado y ciegos en las dietas W<sub>3</sub>+Ez, W<sub>3</sub>+Ez+H con respecto a la dieta C y H. La inclusión de harina de chía junto con la enzima en la dieta mostró diferentes efectos sobre los distintos parámetros estudiados. No obstante, se requieren estudios más profundos con el fin de esclarecer el mecanismo exacto de interacción entre los ácidos grasos omega n-3, el mucílago presente en la harina de chía, las enzimas hidrolizadoras de dicho mucílago y la inclusión de un antioxidante natural como lo es el hidroxitirosol.

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Situación Avícola Argentina

La producción de carne aviar en la Argentina ha mostrado un importante incremento en los últimos años, basado en el uso de nuevas tecnologías, mejoramiento genético, alimentación y sanidad. Además, contribuyen a este progreso la abundante disponibilidad de granos y harinas proteicas de nuestro país, que constituyen la base de la alimentación de las aves.

El consumo total de carnes para el año 2018 en el país fue de 115,47 kg per cápita de los cuales 57,94 kg corresponden a consumo de carne bovina, 42,32 kg a carne aviar y los restantes 15,21 kg a carne porcina. Durante las últimas dos décadas, el consumo de carne de pollo se duplicó pasando de 18,4 kg per cápita en el año 2003 a 42,32 kg en el año 2018 (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2019). Además, el consumo de carne aviar durante el primer trimestre de 2019 fue de 43,4 kg *per cápita* revelando un aumento de 12,7%, en comparación al mismo período del año anterior. Este aumento en la elección de carne aviar por parte de los consumidores argentinos podría deberse en parte a la brecha existente entre los precios de la carne vacuna y la aviar. Por otro lado, podría reflejar un cambio de hábito en las personas por dietas más saludables, con menor cantidad de calorías y mayor contenido de ácidos grasos del tipo insaturados.

La carne aviar se ve favorecida por poseer un menor contenido de colesterol, un alto contenido de proteína de excelente calidad, bajo contenido calórico y un predominio de grasas insaturadas del tipo omega n-3 (ácido linolénico).

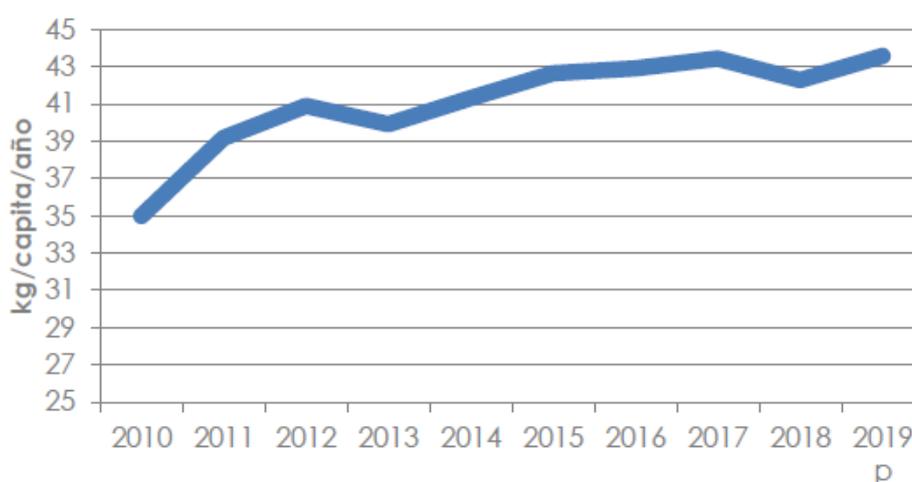


Figura 1: Consumo per cápita en Kg/cápita/año. Fuente MAGyP-SGG, INDEC 2019.

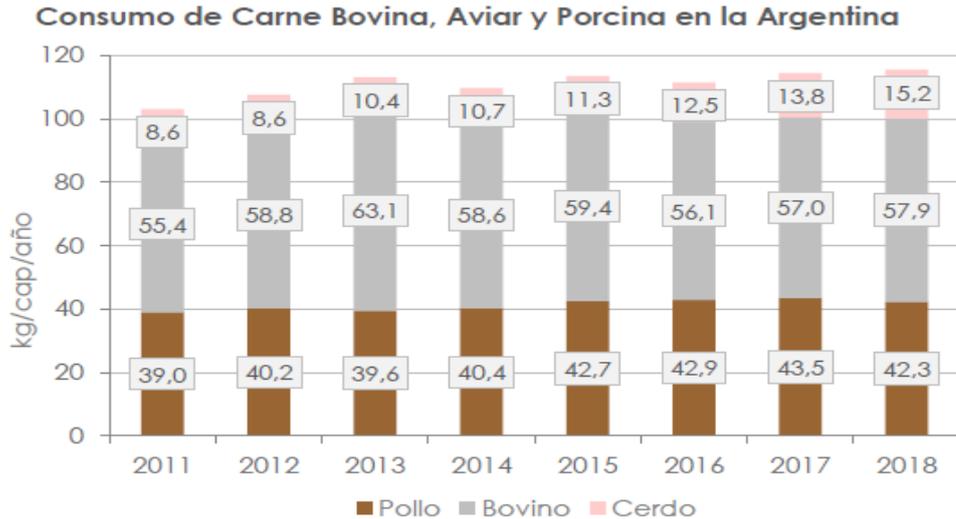


Figura 2: Consumo de carne bovina, aviar y porcina en Argentina (Fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la Nación, 2019).

Con respecto a la sanidad, Argentina cuenta con el Plan Nacional de Mejora Avícola - SENASA (Res. N° 882/02), el cual incluye el “Programa de Control de Micoplasmosis y Salmonelosis de las aves”, y cuyos objetivos son:

- ✓ Controlar las micoplasmosis producidas por *Mycoplasma gallisepticum* y *Mycoplasma synoviae* y las salmonelosis aviares producidas por *Salmonellas* inmóviles (*S. gallinarum-S. pullorum*), y salmonelas móviles (*S. enteritidis*, *S. tiphymurium* y *S.heidelberg*) en aves reproductoras abuelos, reproductoras padres y en plantas de incubación en todo el país.
- ✓ Disminuir la prevalencia y controlar estas contaminaciones en pollos parrilleros y gallinas de postura.
- ✓ Incorporar al Programa de Control de las micoplasmosis y salmonelosis de las aves y a la Vigilancia Epidemiológica de la Influenza Aviar a la totalidad de las cabañas de reproductores abuelos y padres del país.
- ✓ Detectar la presencia de anticuerpos de Influenza aviar en aves reproductoras abuelos y reproductoras padres.
- ✓ Controlar la sanidad de la totalidad de las aves vivas y huevos fértiles que ingresan al país en carácter de importaciones.

A partir del año 2015, se dictaminó un Plan de Control y Prevención de Laringotraqueitis Infecciosa Aviar (SENASA, Res. N° 333/15), enfermedad viral aguda que se caracteriza por producir la muerte de las aves a través de signos respiratorios con un descenso de la producción.

Por otro lado, nuestro país se encuentra libre de Influenza aviar y enfermedad de Newcastle, lo que nos otorga un *status* privilegiado a la hora de la comercialización mundial.

En el mercado internacional, Argentina se posiciona décimo a nivel de producción (2.068 miles de t) y sexto como exportador de carne aviar (335.760 miles t) (MAGyP, 2019).

## 1.2 Importancia de los Ácidos grasos Omega n-3 en la dieta del hombre

En los últimos años el hombre comenzó a inclinarse por la elección de dietas más saludables, aumentando la demanda de alimentos funcionales. La población de occidente presenta un consumo muy alto de alimentos ricos en lípidos, especialmente de ácidos grasos omega n-6 y grasas saturadas.

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de la serie omega n-3 desempeñan un papel muy importante en los tejidos de los animales y humanos ejerciendo un efecto benéfico sobre el sistema inmune, la prevención de enfermedades cardiovasculares y diversos tipos de cáncer (Connor, 2000).

Los ácidos grasos son ácidos mono carboxílicos de cadena larga, que generalmente contienen un número par de átomos de carbono, normalmente de 8 a 22. Se dividen por su grado de saturación en saturados e insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados).

Dentro de los AGPI encontramos dos familias, omega n-3 y omega n-6, que se clasifican como “ácidos grasos esenciales” y se diferencian por la posición del primer doble enlace (Chow, 1992); (FAO/OMS, 1997). Estos AGPI, no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y son necesarios para las funciones vitales del organismo, por lo que deben ser ingeridos con la dieta.

En la actualidad, la dieta del ser humano es muy alta en ácidos grasos omega n-6 siendo la relación n-6/n-3 de 20-30:1. Esta relación está dada por una baja ingesta de alimentos ricos en n-3 como el pescado y por un elevado consumo de alimentos ricos en n-6 (Simopoulos, 1999).

Para obtener beneficios en la salud del hombre se sugiere mantener un balance entre el consumo de dichos ácidos grasos, ya que un exceso de cualquiera de éstos afectaría al catabolismo del otro y provocaría una reducción de su incorporación a los tejidos alterando sus efectos biológicos (Emken, 1995).

Las recomendaciones nutricionales sugieren una relación en una dieta equilibrada de n-6/n-3 de 5-10:1, respectivamente. Sin embargo, en Suecia se ha recomendado que esta proporción sea de 5:1, y en Japón se cambió la recomendación de 4:1 a 2:1 (Kris-Etherton *et al.*, 2000).

### 1.2.1. *Salvia hispánica* (Chía) como fuente de ácidos grasos omega n-3

Conocida vulgarmente con el nombre de chía, *Salvia hispánica* es una especie originaria de Mesoamérica, siendo nativa de las áreas montañosas

del oeste y centro de México. Es la fuente vegetal cultivable con el mayor contenido conocido de ácidos grasos esenciales alfa-linolénico y linoléico (82%). Las semillas de chía poseen un 33% de aceite, del cual el ácido linoléico (omega n-3) y el ácido linoleico (omega n-6) representan el 62 y 20%, respectivamente (Di Sapio *et al.*, 2008).

El primer exponente de los ácidos grasos omega-3 es el ácido  $\alpha$ -linoléico (C18:3), el cual vía desaturasas y elongasas se puede transformar en el ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA) y posteriormente en el ácido docosahexaenoico (C22:6, DHA).

A su vez, el primer exponente de los ácidos grasos omega n-6 es el ácido linoleico (C18:2) y uno de sus derivados más importantes es el ácido araquidónico (C20:4, AA). El AA, el EPA y el DHA son importantes componentes estructurales de los fosfolípidos de las membranas y son el sustrato para la formación de una serie de derivados lipídicos llamados eicosanoides.

Los ácidos EPA y DHA pueden ser aportados por la dieta (preformados), encontrándose en pescados, mariscos y algas o a partir de su precursor de origen vegetal (Jiménez *et al.*, 2013).

Las semillas de chía contienen ácido clorogénico y ácido caféico, los cuales son los antioxidantes más importantes, también contienen flavonoles (miricetina, quercetina y kaempferol). Actúan como antiinflamatorio, antimutagénicos, antivíricos y anticancerígenos (especialmente se usan en cáncer de pulmón y cáncer de estómago) además de ayudar en la cardiopatía isquémica (Taga, 1984); (Castro Martínez, 1986). Por otro lado, constituyen una fuente importante de vitaminas (grupo B), minerales (Ca, Zinc y Mn), proteínas (aproximadamente 20%), no poseen gluten, representando un alimento apto para celíacos. En cuanto a la composición de aminoácidos presentan un alto contenido de lisina y el contenido de cisteína y metionina es comparable con el de otras semillas oleaginosas (Ayerza y Coates, 2004).

Otra virtud de la chía es su buena cantidad (27 %) y calidad de fibra, sobre todo en forma de fibra soluble (mucílagos). Este tipo de fibra retarda el índice de glucosa en sangre y reduce la absorción de colesterol (Di Sapio *et al.*, 2008).

### 1.2.2 Importancia del agregado de una fuente de omega n-3 en la dieta de pollos parrilleros sobre el peso de diferentes órganos.

La dieta suministrada a los pollos parrilleros es un pilar fundamental para lograr un adecuado crecimiento y desarrollo del animal, así como la obtención de productos nutracéuticos e higiénicamente seguros desde el punto de vista de la salud pública. Según Svihus (2011), cuando se añaden

a la dieta componentes que mejoran la disponibilidad de nutrientes, se estimula el crecimiento y desarrollo de la molleja y el proventrículo.

En la actualidad existe un creciente interés por encontrar alternativas en el agregado de aditivos (probióticos, promotores del crecimiento, fuentes de omega n-3, enzimas, etc.) en la dieta de pollos parrilleros, que conduzcan a mayores beneficios en la salud del animal y del consumidor.

En un estudio realizado por Chekani *et al.* (2007) observaron que la inclusión de aceite de pescado en la dieta de pollos parrilleros aumentó el peso del bazo, mientras que corazón e hígado no se modificaron. Por otro lado, Fouladi *et al.* (2008) observaron incrementos en el peso del bazo y del hígado con la adición de aceite de canola a la dieta de pollos de engorde.

Sin embargo, en otro experimento realizado en gansos el peso del hígado se incrementó y no se afectó el peso del bazo Fouladi *et al.* (2011). Por otro lado, Mostafa *et al.* (2013) encontraron que la adición de aceites de oliva, canola y lino en la dieta de ratas disminuyó el peso del hígado. La inclusión de algunos de estos aditivos en la dieta de pollos de engorde permite el desarrollo de bacterias benéficas en el tracto digestivo. En consecuencia, la salud intestinal se optimiza, mejorando la eficiencia de los procesos digestivos, la absorción de nutrientes y por consiguiente las ganancias de peso y el desarrollo de órganos (Alkhalaf *et al.*, 2010).

Con respecto a lo citado por los distintos autores, se podría inferir que los resultados obtenidos podrían estar influidos por la diferente fuente de AGPI n-3 utilizada. Por lo tanto, es de suma importancia al momento de planificar el experimento tener en cuenta la fuente de omega n-3 que se utilizará, la dosis y el tiempo de exposición a la misma.

### 1.3 Uso de Enzimas en la Producción Animal

El conocimiento de la fisiología animal es de vital importancia ya que permite explicar parte de las respuestas, así como la incidencia que pueda tener el uso de un nuevo componente alimentario sobre la producción y la salud animal.

La inclusión de enzimas exógenas en la nutrición de monogástricos tiene como objetivo principal manipular las condiciones existentes en el tracto digestivo, mejorando de este modo el valor nutricional de los ingredientes (Meng *et al.*, 2005), siendo su uso más común durante las dos últimas décadas (Selle y Ravindran *et al.*, 2007).

El uso de enzimas comerciales para promover la eficiencia de utilización de nutrientes en las aves, ha sido aceptado por su potencial de mejorar el rendimiento de aquellos animales que presentan en la dieta subproductos de la agroindustria como harina de maíz y/o soja (Cowieson, 2010).

El efecto positivo de los complejos multienzimáticos ha sido atribuido en la literatura a su capacidad de aumentar la digestibilidad y utilización de los nutrientes (Attia *et al.*, 2003) y a la mejora de la ecología intestinal (Cowieson, 2010); (Attia *et al.*, (2014).

El ácido fítico actúa como un componente anti-nutricional y a su vez, reduce la utilización de los piensos (Ceylan *et al.* 2012). A pesar de lo cual, contiene el 65% del fósforo de las plantas (NRC, 1994). Sin embargo, es sabido que la enzima fitasa no es secretada por el tracto digestivo de aves (Cunha, 2012). En base a lo mencionado, Cowan *et al.* (1996); Marquardt *et al.*, (1996) han realizado experimentos con el agregado de la enzima fitasa en la dieta de aves; ellos han concluido que esta enzima aumenta la utilización de ácido fítico en las dietas de aves de corral.

Por otro lado, trabajos precedentes de Pillaga Buñay, (2010) y Ríos Jarrín, (2009) con cebada, indicaron una mejora en la digestibilidad de la grasa con la adición de enzimas a la dieta ocasionando un aumento de la energía. Efectos similares han sido observados en dietas basadas en centeno y trigo Danicke *et al.*, (1995), Schuette (1995).

#### 1.3.1 Efecto de las enzimas sobre los polisacáridos no amiláceos (PNA) de la harina de chía y su consecuencia sobre el peso de diferentes órganos en pollos parrilleros.

La harina de chía es un subproducto de la agroindustria obtenido luego de la extracción del aceite de las semillas. La misma contiene aproximadamente un 6 % de aceite y un 30 % de proteína, además de un 40 % de fibra de la cual un 4% corresponde a fibra soluble o mucílago (Bushway *et al.*, 1981).

Según lo especificado por distintos autores Lin *et al.* (1994); Muñoz Hernández (2012); Reyes-Caudillo *et al.* (2008) este mucílago, es un PNA, ramificado, de elevado peso molecular, compuesto de residuos de D-xylosa, D-manosa, D arabinosa, D-glucosa, y ácidos galacturónico y glucurónico respectivamente.

El uso de fibra en los piensos provoca modificaciones en la morfología intestinal en los animales monogástricos. En experimentos previos realizados en aves, se demostró que la cantidad y composición de la fibra puede influir en el desarrollo del aparato digestivo (Jamroz *et al.*, 2001) y (González *et al.*, 2007).

La fibra insoluble es más resistente a la fermentación microbiana y por tanto menos susceptible a la degradación que la fibra soluble.

En cualquier caso, los efectos más importantes de la fibra sea esta soluble o insoluble no están relacionados con su contribución energética sino más bien con sus efectos fisiológicos y moduladores de la flora gastrointestinal (Mateos *et al.*, 2006).

El peso de los órganos internos en pollos parrilleros puede ser afectado por múltiples condiciones, como la calidad nutricional del alimento y diferentes factores de estrés, entre otros (Zakia y El-Ghamdi, 2008); (Jaramillo, 2011). El efecto producido por estos últimos depende de la edad del animal, el tiempo y la intensidad de exposición y el programa de gestión ambiental (Kannan *et al.*, 2005).

Cualquier variación en el peso de un órgano producirá un cambio en su respectiva función que se reflejará directamente sobre la salud del animal (Chichlowski *et al.*, 2007); (Yalcinkaya *et al.*, 2008).

Las enzimas podrían ejercer su acción mediante la reducción de la capacidad gel-formadora de los PNA (Bedford *et al.*, 1996). Esta actuación mejora la difusión de los nutrientes a través de la mucosa intestinal, limita la proliferación microbiana en tramos posteriores del tracto digestivo, reduciendo la deconjugación de las sales biliares (Coates y Rolles *et al.*, 1981).

## 1.4 Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que tienen la función de eliminar los radicales libres de nuestro cuerpo, los cuales se producen por la oxidación celular, (término que hace referencia al envejecimiento de las mismas) siendo, un proceso natural, consustancial e inherente a la vida de la célula (Oxilia, 2014).

Los radicales liberados tendrían una función beneficiosa, desde el punto de vista inmunitario, protegiéndonos de infecciones y eliminando microorganismos patógenos. Sin embargo, el problema se presentaría cuando el organismo produce numerosos radicales libres y no sería capaz de eliminarlos. Dicho efecto negativo podría ser contrarrestado con el aporte exógeno de antioxidantes.

Las cuatro causas principales de oxidación celular son: 1) alimentación poco equilibrada y excesiva, 2) estrés, 3) ingestión de alcohol y drogas, 4) contaminación atmosférica (Pedreño, 2012).

### 1.4.1 Hidroxitirosol un potencial antioxidante

Desde la antigüedad, la oliva y la granada han sido frutos muy utilizados por las culturas por sus propiedades curativas y beneficiosas. Hoy se sabe, que las propiedades curativas de estos frutos son atribuidas a los compuestos antioxidantes que contienen. El hidroxitirosol (oliva) y las punicalaginas (granada) son dos compuestos que en dosis adecuadas son capaces de disminuir los efectos de riesgo de un gran número de enfermedades como hipertensión, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares y degenerativas (Pedreño, 2012).

El hidroxitirosol ha mostrado un efecto antioxidante más potente que el de la vitamina E y la vitamina C y su mecanismo de acción consiste en ejercer un efecto quelante de iones metales y secuestrador de radicales libres (Tripoli *et al.*, 2005).

En cuanto a su acción cardiosaludable, el hidroxitirosol in vivo e in vitro posee un significativo efecto inhibidor de la oxidación de LDL (lipoproteínas de baja densidad) (Bianchi, 2003). Otro de los efectos benéficos bien establecidos del hidroxitirosol es su efecto antihipertensivo (De la Fuente *et al.*, 2004).

Este potente antioxidante natural es capaz de proteger el sistema nervioso tras la exposición a inductores del estrés oxidativo como la proteína beta-amiloide que se deposita en las neuronas durante la enfermedad del Alzheimer (Alconchel *et al.*, 2014). Su efecto antienviejecimiento está relacionado con su acción sobre las mitocondrias, los estudios demuestran una activación de la biogénesis y de los sistemas de detoxificación y la reducción del estrés oxidativo a nivel mitocondrial.

#### 1.4.2 Efecto del adiconado de hidroxitirosol en la dieta de pollos parrilleros

La producción de pollos parrilleros se encuentra expuesta a diferentes tipos de estrés debido a diferencias en la crianza y el manejo, afectando considerablemente los parámetros productivos y desarrollo del tracto gastrointestinal.

En los últimos años, el aceite de oliva y los extractos de hojas de olivo se identificaron como agentes antimicrobianos con actividad contra *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Kluyveromyces marxianus*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus mutans*, *Shigella sonnei*, *Salmonella entérica*, y otros (Medina *et al.*, 2006). Los componentes principales de las aceitunas y las hojas de olivo responsables del efecto antimicrobiano son las formas de dialdehído y descarboximetilo del ácido elenólico junto con el hidroxitirosol (Medina *et al.*, 2007).

La actividad antioxidante del hidroxitirosol ejerce una acción quelante de iones metales y un efecto secuestrador de radicales libres (RL) (Tripoli *et al.*, 2005); (Visioli y Galli *et al.*, 1998); (Rietjens *et al.*, 2007). Por otro lado, a nivel intestinal el hidroxitirosol presenta un efecto antiinflamatorio y bacteriostático (Viveros *et al.*, 2011), reduciendo la población de bacterias patógenas favoreciendo de este modo, la salud intestinal, el correcto funcionamiento del intestino e induciendo una mayor eficiencia en la utilización de nutrientes (Granados-Principal *et al.*, 2010). Además, mejora la síntesis de aminoácidos y el metabolismo hormonal promoviendo el desarrollo muscular y el catabolismo del tejido adiposo (Xiong *et al.*, 2016); (Murray *et al.*, 2014).

Long *et al.* (2016) realizaron pruebas en pollos parrilleros con octacosanol un producto de cera natural que existe en el aceite de germen de trigo, aceite de salvado de arroz, frutas u hojas. Se ha informado que el octacosanol exhibe una variedad de actividades biológicas importantes en humanos y roedores, incluyendo propiedades antifatiga (Kim *et al.*, 2004), actividades antioxidantes (Ohta *et al.*, 2008) efectos reductores del colesterol (Hernández *et al.*, 1992), función citoprotectora (Carbajal *et al.*, 1996) y propiedades ergogénicas (Oliaro-Bosso *et al.*, 2009). Los resultados obtenidos indican que mejora el rendimiento del pollo sin producir un aumento significativo en el peso de los órganos.

La información disponible referida al adición de hidroxitirosol en la dieta de pollos parrilleros y su efecto sobre diferentes órganos digestivos es escasa. La información que se obtenga resultará de vital importancia para comprender los procesos fisiológicos y metabólicos ocurridos en el animal con el uso de un novedoso antioxidante.

### 1.5 Uso combinado de harina de chía, hidroxitirosol y enzimas

La mucosa del intestino delgado de las aves está formada por vellosidades y criptas (Macari *et al.*, 1994). La capacidad del intestino para digerir y absorber el alimento, está determinada por varios parámetros como, por ejemplo, la longitud del intestino, la altura, el ancho y el número de vellosidades por unidad de superficie (Miles *et al.*, 2006). Por otro lado, la microbiota intestinal podría afectar la morfología intestinal a través de modificaciones de la altura de las vellosidades y la profundidad de la cripta (Forder *et al.*, 2007).

Los AGPI aportados por el agregado de harina de chía en la dieta podrían beneficiar la microflora intestinal, así como incrementar el número y volumen de las vellosidades intestinales (López, 1999) favoreciendo a su vez la capacidad de absorción de nutrientes (Sklan, 2001).

Sin embargo, al aumentar el aporte de AGPI aumentaría el grado de insaturación y en consecuencia incrementaría fuertemente la susceptibilidad a la oxidación y se predispondría a un mayor estrés oxidativo (Gladine *et al.*, 2007); (Voljč *et al.*, 2011). La suplementación con AGPI n-3 puede causar un desequilibrio entre reductores y oxidantes en el animal.

Los antioxidantes lipofílicos, como el hidroxitirosol, son sustancias que protegen a la célula de la acción de los oxidantes o radicales libres, contrarrestando su efecto nocivo.

El agregado de una fuente de omega n-3 y de un antioxidante de manera combinada en la dieta podrían ejercer una actividad complementaria. El antioxidante preservaría a los AGPI aportados por el omega n-3 de los procesos de oxidación permitiendo que realicen su función beneficiosa sobre el organismo.

No obstante, como se mencionó anteriormente la harina de chía presenta un contenido de PNA (mucílago) el cual influye negativamente sobre el tránsito intestinal y la absorción de nutrientes. El animal puede compensar esta ineficiencia de la digestión y absorción de nutrientes con un aumento de peso de los órganos digestivos (Ikegami *et al.*, 1990). El agregado de enzimas hidrolizadoras de este PNA podría contrarrestar dicho efecto.-

El objetivo de la presente tesina fue aportar información sobre el uso combinado de chía/antioxidante o chía/antioxidante y enzimas sobre el peso de diferentes órganos, pH del contenido intestinal y largo del intestino delgado y grueso de pollos parrilleros. El propósito final fue potenciar el efecto de los AGPI de la harina de chía inhibiendo la acción de los PNA con el agregado de enzimas y la oxidación de los mismos a través del adición de hidroxitirosol a la dieta. La bibliografía disponible sobre el uso combinado de estas sustancias es escasa, por lo cual la información obtenida será de carácter novedoso.

## 2 HIPOTESIS Y OBJETIVOS

### 2.1 Hipótesis

La inclusión de harina de chía junto con un antioxidante (Hidroxitirosol) y/o enzimas en la dieta de pollos parrilleros, mejoraría el peso de los diferentes órganos del animal.

### 2.2 Objetivo General

Evaluar el efecto de la incorporación de la harina de chía, combinado con un antioxidante o harina de chía combinado con un antioxidante y enzimas hidrolizadoras de mucílago en la dieta de pollos parrilleros, sobre el peso de diferentes órganos.

### 2.3 Objetivos Particulares

- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de chía combinada con un antioxidante (hidroxitirosol) o harina de chía combinado con un antioxidante y enzimas hidrolizadoras de mucílago en la dieta de los pollos parrilleros sobre el peso de hígado, páncreas, molleja, proventrículo, bolsa de Fabricio, bazo, corazón, intestino delgado y ciego.
- Determinar el efecto de la inclusión de harina de chía combinada con un antioxidante (hidroxitirosol) o harina de chía combinado con un antioxidante y enzimas hidrolizadoras de mucílago en la dieta de pollos parrilleros sobre el largo de intestino delgado, largo de ciegos y pH del contenido de intestino delgado.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del lugar de trabajo

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad de Experimentación Avícola (UEA) del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (38°41' Lat. S y 62°15' Long. O).

#### 3.2 Instalaciones

El trabajo experimental se realizó en un galpón (UEA) de 4 x 13 m del tipo cerrado entre los meses de abril y junio de 2019. Esta Unidad contó con un sector de 4 x 10 m donde se ubicaron los corrales experimentales y un recinto de 4 x 3 m que se utilizó como depósito y pesado diario de las dietas.

Los corrales (30) de 1 x 1 x 0,60 m fueron construidos con madera, alambre hexagonal y elevados sobre soportes de madera tipo *slat* con el fin de facilitar la tarea de remoción de heces. La distribución de los mismos permitió generar pasillos y acceder a todos los corrales por igual maximizando el uso de la superficie disponible. Por debajo de los corrales se colocaron paños de nylon para la recolección de heces. Los mismos fueron limpiados diariamente con el fin de mantener condiciones higiénicas y asegurar el bienestar de las aves.

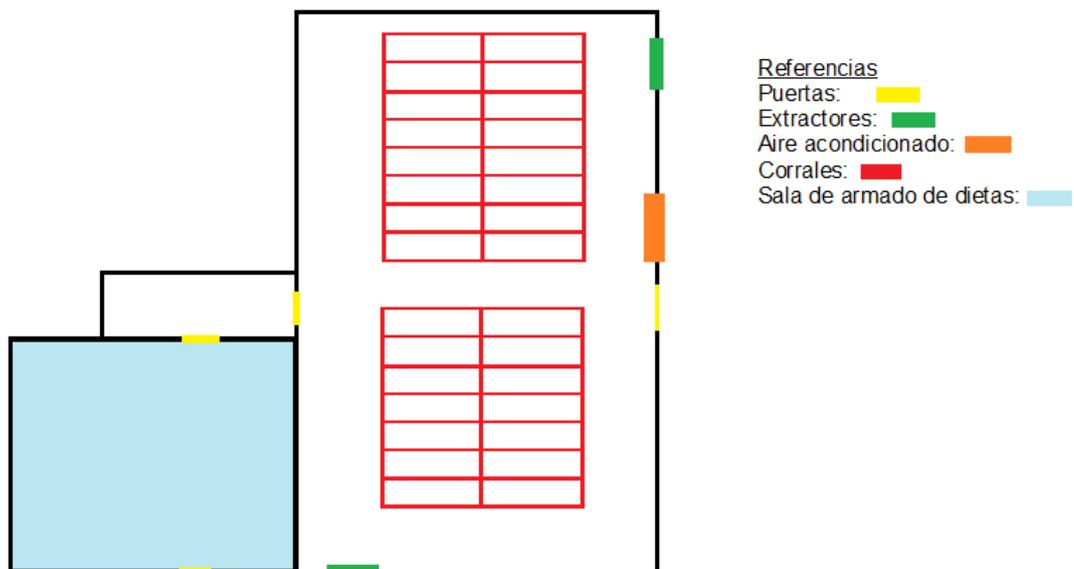


Figura 3. Diagrama con la disposición de los corrales experimentales y depósito.

#### 3.3 Animales y Manejo

La experiencia se dividió en dos etapas, la primera se extendió desde el día 1 hasta el día 21 y la segunda del día 22 hasta los 42 días.

Se utilizaron 200 pollos parrilleros línea Cobb de un día de edad que fueron divididos en dos grupos de 100 animales. La crianza hasta los 21 días se realizó por grupo en corrales de 2 x 2 m.

Posteriormente, el día 22 los animales fueron pesados y sexados utilizando solo los machos (90) para este experimento. De este modo, se conformaron 30 grupos de 3 pollos que fueron colocados al azar en uno de los 30 corrales. Los animales fueron individualizados con un precinto de *goma eva* que contenía un número y un color específico que permitió asociarlo al tratamiento correspondiente. La colocación de los anillos aseguró mantener un orden en el manejo de los animales.

Durante los primeros 4 días se aplicó un antimicrobiano sintético de amplio espectro ENRO (enrofloxacin quimioterápico 1 ml/L) y polivitamínico (1gr/L) en los bebederos. A los 7 y 15 días de edad los pollos recibieron la vacuna combinada contra Newcastle + Bronquitis Infecciosa y Gumboro, respectivamente.

Durante la primera semana, las condiciones de temperatura fueron reguladas mediante la utilización de 2 campanas calefactoras con lámpara infrarroja de 250 watts, 4 calefactores eléctricos portátiles y un aire acondicionado. Posteriormente, la temperatura óptima ambiental fue mantenida solamente mediante la utilización del aire acondicionado.

Se proporcionaron 24 horas de luz mediante tubos fluorescente de 52 watts durante todo el periodo experimental.

Hasta el día 21 se dispusieron comederos bandeja y bebederos con depósito invertido de 4 L en cada corral. Diariamente, los bebederos fueron higienizados y recargados asegurando la provisión continua de agua. Durante la segunda etapa cada corral contó con 1 bebedero automático tipo nipple y un comedero canaleta de 50 cm de largo. Tanto los corrales como los comederos fueron identificados con un color y número específico que permitió identificarlo rápidamente con el tratamiento correspondiente. Esta acción permitió un manejo y un orden correcto al momento de suministrar el alimento y evitar posibles errores.

Se llevaron registros diarios de mortalidad y observaciones sobre comportamiento y estado general de los animales. Las prácticas de manejo y los protocolos experimentales respetaron las normas de bioseguridad establecidas para investigación por la Universidad Nacional del Sur, que se adhieren a las establecidas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) para la crianza de pollos parrilleros.

### 3.4 Dietas Experimentales

Durante las primeras 3 semanas, los animales consumieron *ad libitum* un alimento “iniciador” (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ingredientes y composición química del alimento iniciador (0-21 días).

<b>Ingredientes (%)</b>	
Maíz	65,00
Harina de Soja	30,00
Conchilla	1,00
Metionina	0,20
Lisina	0,20
Sal	0,25
Núcleo Vitamínico Mineral <sup>1</sup>	0,50
Fosfato Dicálcico	1,80
<b>Composición química</b>	
EM (Kcal/kg)	3042,24
PB (%)	21,70
Calcio (%)	0,89
Fósforo total (%)	0,42
Metionina + Cistina (%)	0,84
Lisina (%)	1,18
Lípidos (%)	2,96
Fibra (%)	2,59

<sup>1</sup> Vitamina A: 8.000.000 UI; vitamina D<sub>3</sub>: 1.500.000 UI; vitamina E: 30.000 UI; vitamina B<sub>2</sub>: 3.800 mg; vitamina B<sub>6</sub>: 1.800 mg; vitamina B<sub>1</sub>: 1.200 mg; vitamina K<sub>3</sub>: 1.500 mg; ácido nicotínico: 26.000 mg; ácido pantoténico: 9.000 mg; ácido fólico: 600 mg; Biotina: 40 mg; Colina: 180 g; vitamina B<sub>12</sub>: 10.000 µg; Cobre 8.500 mg; Hierro: 50.000 mg; Iodo: 1000 mg; Manganeso: 70.000 mg; Selenio: 250 mg; Cobalto: 200 mg; Zinc: 60.000 mg; Antioxidante: 125 mg; Excipiente C.S.P.: 1000 g.

A partir de los 22 días hasta los 42 días de edad los animales fueron sometidos a los siguientes tratamientos:

- ✓ **C:** control
- ✓ **W3:** dieta con 10% de HC.
- ✓ **W3+Ez:** dieta con 10% de (HC) + enzima.
- ✓ **W3+HT+Ez:** dieta con 10% HC + enzima + Hidroxitirosol (H).
- ✓ **W3+HT:** dieta con 10% HC + H.
- ✓ **HT:** dieta con H.

En todos los tratamientos el consumo de alimento fue *ad libitum* asegurando un rechazo del 10%. Como fuente de ácidos grasos omega n-3 se utilizó harina de chía (DESUS S.A) cuya composición química se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición química de la Harina de chía

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Materia Grasa	18	%
Proteínas	27,30	% (N x 6,25)
Ácido palmítico	7,76	%
Ácido esteárico	3,62	%
Ácido oleico	7,55	%
Ácido linoleico	20,50	%
Ácido linolénico	59,70	%
Valor energético	349	Kcal/100g
Cenizas	5,80	%
Hidratos de carbono	19,55	%
Humedad	7,90	%

El Hidroxitirosol (HYTOLIVE, GENOSA, España) fue suministrado a razón de 7mg/kg PV/d. Este aditivo fue pesado diariamente y agregado a la dieta antes de ser ofrecidas a los animales. La dosis fue ajustada semanalmente de acuerdo al aumento de peso de los animales.

Se utilizó un complejo enzimático indicado para dietas con altas concentraciones de PNA, compuesto por xilanasas,  $\beta$ -glucanasas y celulasas.

La composición de las dietas experimentales se observa en la Tabla 3. El contenido de proteína bruta (PB) y de fibra detergente neutra (FDN) se determinó según el procedimiento Kjeldahl (AOAC, 2000) y el sistema de los detergentes (Goering y Van Soest, 1970), respectivamente.

Se realizaron análisis de muestras del agua que revelaron la potabilidad e inocuidad de la misma<sup>1</sup>.

**Tabla 3.** Ingredientes y composición química de las dietas experimentales (22-42 días).

Terminador	C	W <sub>3</sub>	W <sub>3</sub> +Ez	W <sub>3</sub> +H T+Ez	W <sub>3</sub> +H T	HT
<b>Ingredientes (%)</b>						
Maíz	69,00	65,00	65,00	65,00	65,00	69,00
Harina de Soja	26,00	23,00	23,00	23,00	23,00	26,00
Fosfato Dicálcico	2,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,50
Harina de chía	-	10,00	10,00	10,00	10,00	-
Conchilla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Lisina	0,20	-	-	-	-	0,20
Sal	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Núcleo Vitamínico Mineral <sup>1</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
DL-metionina	0,50	0,30	0,30	0,30	0,30	0,50
Hidroxitirosol				Si	Si	Si
Biomix enzima			0,05	0,05		
<b>Composición química</b>						
EM (Kcal/kg)	3165, 81	3169, 57	3169,5 7	3169, 57	3169,5 7	3165, 81
PB (%)	20,25	20,00	20,00	20,00	20,00	20,25
Calcio (%)	1,07	1,04	1,04	1,04	1,04	1,07
Fósforo total (%)	0,55	0,53	0,53	0,53	0,53	0,55
Metionina + Cistina (%)	0,98	0,92	0,92	0,92	0,92	0,98
Lisina (%)	1,07	1,22	1,22	1,22	1,22	1,07
Lípidos (%)	3,60	5,27	4,69	4,69	5,27	3,60
Fibra (%)	2,00	4,29	4,29	4,29	4,29	2,00

C: control; W<sub>3</sub>: dieta con 10% de harina de chía; W<sub>3</sub> +Ez: dieta con 10% de haría de chía y enzima; W<sub>3</sub> +HT+Ez: dieta con 10% de harina de chía + enzima + hidroxitirosol; W<sub>3</sub> +HT: dieta con 10% harina de chía e hidroxitirosol y HT: dieta con hidroxitirosol (7 mg/kg PV/d).

<sup>1</sup> Vitamina A: 8.000.000 UI; vitamina D<sub>3</sub>: 1.500.000 UI; vitamina E: 30.000 UI; vitamina B<sub>2</sub>: 3.800 mg; vitamina B<sub>6</sub>: 1.mg; vitamina B<sub>1</sub>: 1.200 mg; vitamina K<sub>3</sub>: 1.500 mg; ácido nicotínico: 26.000 mg; ácido pantoténico: 9.000 mg;

ácido fólico: 600 mg; Biotina: 40 mg; Colina: 180 g; vitamina B<sub>12</sub>: 10.000 µg; Cobre 8.500 mg; Hierro: 50.000 mg; Iodo: 1000 mg; 125 mg; Excipiente C.S.P.: 1000 g.

La mezcla de los ingredientes utilizados fue realizada en una mezcladora “Marion Mixer” fabricada por la “Rapids Machinery Company” - Marion Iowa (EEUU).

### 3.5 Determinaciones

#### 3.5.1 Determinación del peso de los órganos

A los 42 días de edad 5 pollos por tratamiento elegidos al azar, fueron faenados luego de 12 horas de ayuno por dislocación cervical y sangrado siguiendo el protocolo de faena humanizada. Se realizó la disección del animal, se extrajeron y pesaron mediante balanza digital los pesos de los órganos hígado, páncreas, molleja, proventrículo, bolsa de Fabricio, bazo, corazón, intestino delgado y ciego. El largo del intestino delgado y del ciego fue medido con una regla milimétrica desde el esfínter pilórico hasta la unión íleo-ceco-cólica.

#### 3.5.2 Determinación del pH del yeyuno

El pH se midió sobre un homogeneizado de 0,8 gr de contenido intestinal de yeyuno junto a 10 ml de agua destilada, con un termo-pHmetro (Altronix) con electrodo combinado, calibrado con patrones de pH 4,0 y 7,0.

#### 3.5.3 Análisis estadístico

El peso de los diferentes órganos, el largo de los mismos y el pH del contenido intestinal fueron analizados como un diseño completo al azar. La unidad experimental fue el corral y la unidad de medida el animal. En aquellos casos en que se halló significancia, la comparación entre valores medios se realizó mediante test de Tukey (Steel and Torrie, 1980).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSION

El uso de diferentes aditivos influye sobre la calidad nutricional de la dieta, el desarrollo y la funcionalidad de los órganos digestivos que se reflejará sobre el metabolismo, el nivel de producción y la salud animal.

En el presente experimento, no se encontraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los diferentes tratamientos en el peso de los órganos páncreas, proventrículo, bolsa de Fabricio, bazo, corazón así como tampoco los registros de pH del contenido de intestino delgado (Tabla 4).

Estos últimos resultados avalan lo observado por Malayoğlu *et al.* (2010), quienes no observaron diferencias en el pH intestinal en pollos de engorde alimentados con dietas con el agregado de complejo enzimático (xilanasas, glucanasas, hemicelulosa, amilasa), o dietas con aceite esencial (carvacrol y timol) o la combinación de ambos. En contrapartida Muzaffer *et al.* (2003) encontraron diferencias en el registro de pH en íleon de pollos de engorde, donde realizaron pruebas de dietas con ácidos orgánicos o bacitracina de Zn o la combinación de ambos aditivos. Estos autores registraron un pH más ácido en las dietas que contenían ácido orgánico en comparación con un control.

Los valores de pH en todos los tratamientos utilizados en el presente experimento se encuentran dentro de los rangos (5,8-6,8) establecidos como normales (Leeson y Summers, 2001). En el tracto digestivo de las aves existe una relación entre el pH y el tipo de bacterias que se establecen. Un factor clave para mantener las condiciones ideales es asegurar un rango de pH óptimo donde proliferen las bacterias benéficas (Reyes *et al.*, 2000).

Tabla 4. Peso de órganos internos en pollos de engorde machos de 42 días de edad alimentados con diferentes dietas durante el período comprendido entre los 22 y 42 días de edad.

Variables (% PV)	Tratamientos							P=
	C	W <sub>3</sub>	W <sub>3</sub> + Ez	W <sub>3</sub> + Ez + H	W <sub>3</sub> + H	H	EE	
pH	6,74	6,77	6,9	6,78	6,76	6,73	0,04	NS
Hígado	1,96 a	1,82 ab	1,58 c	1,77 abc	1,69 bc	1,77 abc	0,06	0,02
Páncreas	0,18	0,20	0,19	0,15	0,17	0,17	0,01	NS
Molleja	1,79 ab	1,98 b	2,00 b	2,01 b	1,97 b	1,52 a	0,11	0,02
Proventrículo	0,35	0,36	0,33	0,35	0,38	0,34	0,02	NS
Bolsa de Fabricio	0,17	0,19	0,15	0,18	0,19	0,18	0,02	NS
Bazo	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,01	NS
Corazón	0,63	0,62	0,52	0,60	0,62	0,62	0,04	NS
Intestino Delgado	2,38 a	2,74 b	2,46 ab	2,50 ab	2,75 b	2,18 a	0,11	0,03
Largo Intestino Delgado	5,11 ab	5,79 bc	5,67 bc	5,67 bc	6,01 c	4,83 a	0,27	0,03
Ciegos	0,54 a	0,68 b	0,54 a	0,58 ab	0,62 ab	0,53 a	0,04	0,05
Largo ciegos	1,29 ab	1,41 a	1,28 ab	1,28 b	1,36 ab	1,02 c	0,04	0,0001

C: control; W<sub>3</sub>: dieta con 10% de harina de chía; W<sub>3</sub> + Ez: dieta con 10% harina de chía + enzimas; W<sub>3</sub> + Ez + H: dieta con 10% harina de chía + enzimas + hidroxitirosol; W<sub>3</sub>+ H: dieta con 10% harina de chía e hidroxitirosol y H: dieta con hidroxitirosol. Letras distintas indican diferencias significativas.

El hígado es un órgano que desempeña funciones físicas, fisiológicas e inmunológicas en las aves, además funciona como glándula endocrina y exocrina (Denbow, 2000). El sistema linfático de las aves es rudimentario, siendo el hígado el primer tejido que se expone a los lípidos de la dieta. La principal ruta de absorción de grasa en las aves es a través de la formación de micelas mixtas. Los portamicrones se absorben directamente en la sangre para ser transportados al hígado para una síntesis adicional y posterior deposición en los tejidos. La longitud de la cadena de ácidos grasos, el número de dobles enlaces el tipo de enlace (cis vs. trans) y el estado metabólico de las aves pueden afectar la lipogénesis hepática. Las características antes citadas predisponen a las aves a una condición patológica llamada síndrome del hígado graso (FLS) (Cherian *et al.*, 2002); (Cherian y Goeger., 2004).

En el peso del hígado la dieta W<sub>3</sub> no presentó diferencias con respecto a la dieta C (p>0,05), sin embargo, al combinar este subproducto con la enzima biomix o con el antioxidante hidroxitirosol el peso de este órgano disminuyó.

En el caso de la dieta W<sub>3</sub>+EZ, la enzima adicionada podría haber hidrolizado el mucilago de la harina de chía, provocando una mayor absorción y un mayor aporte de ácido linolénico al hígado, el cual disminuyó la lipogénesis hepática generando un efecto hepatoprotector y la disminución del tamaño de este órgano (Dublecz *et al.*, 2008; Poudyal *et al.*, 2012). Resultados similares fueron encontrados por Zanini *et al.* (2006) y Chashnidel *et al.* (2010). Estos autores emplearon aceite de canola y de pescado, respectivamente adjudicando el menor peso del hígado a una reducción en la producción endógena de lípidos y en la concentración sérica de colesterol. Sin embargo, Navidshad (2009); Poorghasemi *et al.* (2013) y El-Katcha *et al.* (2014) no encontraron diferencias en el peso de este órgano adicionando omega n-3 en la dieta de pollos parrilleros.

Por otro lado, en la dieta W<sub>3</sub>+H, el menor peso del hígado podría deberse al agregado de hidroxitirosol, el cual ofrecería protección contra el estrés oxidativo y el contenido de ácidos grasos saturados, los cuales promueven procesos de esteatosis y aumento de peso de este órgano.

Además, este antioxidante, preservaría la actividad de las enzimas hepáticas desaturadas las que promueven la formación de ácidos grasos insaturados en detrimento del depósito de grasas saturadas (Valenzuela *et al.*, 2017). Resultados similares fueron hallados por Hernández Gutiérrez (2009) utilizando aceites esenciales de orégano como fuente natural

antioxidante en pollos de engorde. En contrapartida, Hernández (2004) no encontró diferencias en el peso del hígado adicionando aceites esenciales de orégano, canela y pimienta a la dieta de pollos parrilleros.

En el presente experimento, las dietas  $W_3$  y  $W_3+H$  presentaron mayores valores ( $p<0,05$ ) de peso de ID y ciegos que la dieta C. Este resultado podría deberse a la presencia de mucílago o fibra soluble presente en la harina de chíá. Este mucílago es un carbohidrato complejo de alto peso molecular (Lin *et al.*, 1994) que encapsularía los nutrientes (efecto “cáscara”) volviéndolos menos accesibles para ser digeridos y absorbidos en el intestino delgado. Por otro lado, la gran capacidad de retención de agua que presenta este polisacárido, aumenta la viscosidad del contenido intestinal, el peristaltismo y la velocidad de tránsito intestinal (Capitani, 2013); (Balanza, 2008). En consecuencia, el grado de contacto entre el alimento y las enzimas digestivas disminuye y, por lo tanto, la absorción de nutrientes se interfiere (Choct *et al.*, 2004). En respuesta a todos estos procesos ocurriría un alargamiento del intestino delgado (Cassydy *et al.*, 1981); (Southon *et al.*, 1987). Los resultados del presente estudio, coinciden con Navidshad (2009) y Hakim *et al.* (2012). Dichos autores observaron que la inclusión de altos niveles de aceite de pescado en la dieta de pollos parrilleros, aumento el peso del intestino delgado.

Mateos *et al.* (2006) en su investigación observaron que el tracto gastrointestinal (TGI) de las aves es flexible anatómica y fisiológicamente, lo que les permite adaptarse mejor a diversas circunstancias alimenticias. Este grupo de investigadores plantearon, además, que durante el tránsito por el TGI la fibra se hincha en grado variable, incrementa la voluminosidad y el peso del quimo.

Fernández *et al.* (2015) observaron un aumento en el peso del ID y de la bolsa de Fabricio y una disminución en el peso del hígado con el agregado de harina de chíá en la dieta de pollos parrilleros. Carew (2003) reporta que este comportamiento se puede deber a la adaptación fisiológica del ave debido al aumento del tiempo de permanencia de la fibra en los ciegos para que incremente la capacidad digestiva.

Dichos resultados también concuerdan con lo encontrado por González *et al.* (2007), Tapia *et al.* (2000) y Rodríguez *et al.* (2006) que suministraron un alimento a base de morera (dieta alta en fibra) en pollos pavos y patos, respectivamente y obtuvieron un aumento significativo del peso y largo de ciegos con respecto a la dieta control.

En el presente trabajo, con el fin de contrarrestar el posible efecto del mucílago de la harina de chíá, se formularon dietas ( $W_3+Ez$ ;  $W_3+Ez+H$ ) con el agregado del complejo enzimático comercial (Biotécnicas Argentina). Este aditivo está indicado para dietas con altas concentraciones de polisacáridos no almidonosos (PNA) (trigo, cebada, sorgo).

La composición de los PNA de estos cereales es similar a la del mucílago de la harina de chíá. Smulikowska y Mieczkowska (1996) sugieren

que la suplementación enzimática es necesaria en dietas de aves que contienen altos niveles de PNA y grasa animal saturada.

Los resultados obtenidos en el presente experimento demuestran que el agregado del complejo enzimático a la harina de chíá (W3+Ez; W3+Ez+H) presentó una tendencia a disminuir ( $p < 0,05$ ) el peso y el largo del ID y ciegos con respecto a las dietas con harina de chíá y sin enzimas, sin presentar diferencias con H y C. Estos resultados coinciden con lo observado por Brenes *et al.* (1993) quienes obtuvieron reducciones del peso y tamaño del duodeno, yeyuno, íleon y colon. Estos autores asociaron este resultado a una menor viscosidad intestinal y mayor absorción de nutrientes producida por la adición de enzimas exógena (combinación de Energex-carbohidrasa, Bio-Feed Pro-protease y Novozyme-alpha-galactosidase) a la dieta.

En otro trabajo Viveros *et al.* (1994) y Mikulie *et al.* (1996) encontraron una reducción en el largo relativo del intestino (duodeno, yeyuno, íleon y ciego) en aquellas dietas que contenían B-glucanasas y que eran ofrecidas en forma caliente o fría en pollos de engorde. Por otro lado, estos autores observaron una disminución en la cantidad total de excretas producidas, con un efecto benéfico directo sobre el manejo de las mismas y una reducción del impacto ambiental. Sin embargo, en contrapartida Francesch *et al.* (1994) no encontraron diferencias en el peso del intestino delgado y los ciegos con o sin el agregado de enzimas (*Trichoderma viride*) en dietas a base de cebada en pollos parrilleros.

La diferencia en los resultados observados entre los diferentes autores podría estar relacionada con el uso de diferentes tipos de enzimas. Por otro lado, la edad de las aves, el estado inmunitario y salud del intestino y la presencia de condiciones de estrés podrían haber influido en estas discrepancias.

La molleja es el estómago mecánico de las aves, pero además actúa como filtro reteniendo o permitiendo el paso de partículas al duodeno en función de sus características. Las partículas groseras son retenidas hasta que alcanzan un tamaño crítico probablemente determinado por el diámetro del píloro. Sin embargo, los líquidos y el material soluble no se retienen y pasan libremente al duodeno, aunque pueden regresar posteriormente a la molleja vía reflujos gastroduodenales. Las partículas fibrosas son resistentes a la molturación por lo que permanecen más tiempo en molleja que el resto de partículas alimenticias.

En el presente experimento, todos los tratamientos que contenían harina de chíá presentaron un aumento del peso de molleja ( $p < 0,02$ ) con respecto a las dietas C y H. Según Svihus (2011), cuando se añaden a la dieta componentes con alto contenido de fibra como en este caso harina de chíá, se estimula el crecimiento de la molleja. Pérez y Maldonado (2001) divisaron un incremento en el peso de la molleja con el agregado de semillas de canola en la dieta de pollos de engorde. En concordancia, Olorede y

Longe (2000) observaron un aumento ( $p < 0.05$ ) en el tamaño de la molleja al utilizar subproductos de la industria alimenticia del jengibre como parte de la dieta y enzimas exógenas. En un ensayo realizado por Gonzales Alvarado *et al.*, (2006) observaron que el tamaño de la molleja dependía claramente del nivel de fibra de la dieta, así como del tipo de fibra utilizado. En contrapartida, Navidshad (2009) y Fouladi (2008) observaron que el peso de la molleja en pollos parrilleros de engorde no se vio afectado utilizando como fuente de omega n-3 aceite de pescado y de canola, respectivamente.

Según Bressani (1993) la presencia de carbohidratos complejos (almidones no digestibles, oligosacáridos y pentosanos) interfieren con la función secretora del aparato digestivo y aumentan la actividad motora de la musculatura lisa del estómago muscular y del intestino delgado, provocando el aumento del tamaño de estos órganos debido al incremento de la viscosidad del contenido gastrointestinal y a la disminución de su tasa de pasaje.

En base a lo expuesto por los distintos autores y el resultado del presente experimento se podría sugerir que el tamaño de la molleja se vería influenciado por el contenido de fibra de los piensos (fibra soluble de la harina de chíá). Sin embargo, en el presente estudio, el agregado del complejo enzimático ( $W_3+Ez$ ;  $W_3+Ez+H$ ) no mostró ningún efecto sobre el peso de este órgano. Este resultado podría deberse a que la molleja cumple principalmente una función de trituración mecánica del alimento, no existiendo actividad enzimática en el mismo, por lo tanto, en consecuencia el mucílago permanecería intacto.

El desarrollo y salud del tracto gastrointestinal son la clave de la productividad de todos los animales de granja, incluyendo a las aves de corral (Stanley *et al.*, 2013). El intestino es un órgano complejo que forma parte del tracto gastrointestinal y es el paso obligado de los nutrientes que sirven de base para el metabolismo, crecimiento y mantenimiento. Además, aportan los recursos para el sistema inmunológico, sistema esquelético y nervioso (Agostinho *et al.*, 2012).

La composición de la dieta, los aditivos, el procesamiento y la digestibilidad pueden alterar el equilibrio en el ecosistema intestinal, especialmente en pollos de engorde (Choct, 2009).

En los últimos años se ha incrementado la búsqueda de agentes naturales que reemplacen a los antibióticos promotores de crecimiento y puedan actuar mejorando el crecimiento de las aves, o bien que permitan el control de algunos microorganismos. En la actualidad existen algunos recursos de origen natural que cumplen estos preceptos. Entre ellos deben considerarse probióticos, prebióticos, acidificantes orgánicos, antioxidantes y extractos vegetales. Dentro de este último grupo encontramos al hidroxitirosol, un compuesto específico del olivo responsable de gran parte de las propiedades saludables del aceite de oliva virgen. El hidroxitirosol es un fitoquímico con propiedades antioxidantes, soluble en agua, y ha

demostrado que posee otras propiedades como agente antiinflamatorio, antitrombótico, antiirritante, antimicrobiano (bacteriostático) y antienviejamiento (Covachina 2014).

En el presente experimento, la dieta H, el peso y largo del ID y ciegos presentaron menores valores que las dietas  $W_3$  y  $W_3+H$ , siendo intermedias las dietas que contenían harina de chía y enzimas ( $W_3+Ez$ ;  $W_3+Ez+H$ ), no presentando diferencias con el control. Estos resultados avalan lo encontrado por Hernández Gutiérrez (2009). En discrepancia, los estudios realizados por Hernández (2004) con aceites esenciales de orégano, canela y pimienta, en dieta para pollos de engorde, no encontró diferencias en el peso del duodeno con respecto al control. Las dietas experimentales consistieron en: 1) control; 2) 10 ppm de avilamicina (AB); 3) 200 ppm de extracto de aceite esencial (EOE) de orégano, canela y pimienta; y 4) 5,000 ppm de extracto de Labiatae (LE) de salvia, tomillo y romero. En contrapartida Olivero (2011) utilizó expeler de citrus (EC) en distintas dosis (1,75; 3,5; 7) como fuente antioxidante y observó un aumento en el largo del ID y de ciegos especialmente en la dosis de 3,5%. Este autor atribuyó este aumento a una mayor viscosidad a nivel intestinal, en coincidencia con los trabajos de Brenes *et al.* (1993) y Petersen *et al.* (1999). Mourão *et al.* (2008) utilizando dietas con 5% y 10% de pulpa de citrus observaron que el largo relativo del intestino delgado se incrementó no así para el largo de ciegos.

Los datos presentados en la Tabla 4 con respecto a la dieta que contenía hidroxitirosol pone en evidencia, que el antioxidante natural mostró un efecto hepatoprotector, capaz de estabilizar el microbioma, reduciendo la producción de toxinas microbianas en el tracto gastrointestinal (Perid *et al.*, 2010); (Windisch *et al.*, 2008). Esto reduce la inflamación y, por lo tanto, la producción de proteínas puede ser asignada al crecimiento y no a la producción de moduladores de inmunidad (Steiner, 2006). Todos estos cambios benéficos se corresponden con un menor peso de los órganos digestivos (Brennan *et al.*, 2003).

En el caso de la molleja la dieta H presentó menor peso que las dietas que contenían harina de chía ( $W_3$ ), sin diferenciarse del C. Estudios realizados por Hernández (2004), no observó diferencias entre los diferentes tratamientos en relación al peso relativo de la molleja al utilizar diferentes fuentes de aceites esenciales como antioxidantes. Por otro lado, Hernández Gutiérrez (2009) tampoco encontró diferencias en el peso de la molleja con dietas que contenían aceites esenciales de orégano con respecto al control. Sin embargo, Nir (1993), Eley (1948) y Douglas (1990) observaron aumentos del tamaño de la molleja en pollos y lo atribuyeron al mayor tamaño de partícula del alimento que utilizaron en la dieta que contenía el antioxidante.

## 5 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente experimento permiten concluir que:

- El hidroxitirosol adicionado a la dieta en la dosis de 7 mg/kgPV/d podría ser utilizado de manera segura en la producción de pollos parrilleros. Sin embargo, existe una evidente necesidad de continuar con estudios más detallados, que evalúen mayores dosis y tiempo de exposición al antioxidante con el fin de potenciar los efectos benéficos del mismo.
- El agregado del complejo enzimático biomix mostraría una tendencia a disminuir el peso de algunos órganos. La falta de respuesta podría deberse a la dosis de enzima utilizada. Se recomienda continuar con estudios más profundos que involucren el uso de diferentes dosis o el uso de complejos distintos al utilizado en este trabajo.
- En el presente experimento, el uso combinado de harina de chía, enzimas e hidroxitirosol ( $W_3+Ez+H$ ) no presentó el efecto sinérgico esperado sobre el peso de los diferentes órganos evaluados en pollos parrilleros. Conforme a los resultados observados, existe una evidente necesidad de continuar con estudios in vitro, que involucren ensayos más detallados con el uso de diferentes dosis de enzimas y su posible efecto sobre el mucilago de la harina de chía en combinación con el antioxidante.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- Alconchel-Gago, F. Santamaría, A. Túnez, I. Efecto antioxidante del ácido oléico e hidroxitirosol en un modelo experimental similar a la enfermedad de Huntington. *Actualidad Médica*, 99(792): 60-64 (2014). [<http://hdl.handle.net/10481/36154>]
- Agostinho, T S. Calixto, L.F.L. Gomes, A V. Togashi, C K. Curvello, F A. and Lima, M F. Development of organs of the gastrointestinal tract and performance of broilers fed in the post-hatch phase. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(4), (2012), p.1143-1155 [3] Donato, T.C., Angelita S.A., Baptista, B.D.,
- Alkhalf, A. Alhaj, M. Al-homidan, I. (2010). Influence of probiotic supplementation on blood parameters and growth performance in broiler chickens. *Saudi Journal of Biology Sciences* 17: 219-225.
- Attia, Y A. Qota, E M. Aggoor, F A. y Kies, A K. (2003). Valor del salvado de arroz, su utilización máxima y su mejora por la fitasa y otras enzimas y la formulación de la dieta basada en los aminoácidos disponibles en la dieta para pollos de enorde. *Archiv fur Geflugelkunde*, 67 (4), 157-166.
- Attia, Y A. Al-Hamid, A A. Ibrahim, M S. Al-Harhi, M A. Bovera, F. y Elnaggar, A S. (2014). Rendimiento productivo, rasgos bioquímicos y hematológicos de pollos de engorde complementados con propóleos, polen de abeja y oligosacáridos de manano de forma continua o intermitente. *Livestock Science*, 164, 87-95.
- Azcona, J O. Iglesias, B F. García, P T. Cossu, M E. & Gallinger, C I. (2009). Carne de pollo con mayor contenido de ácidos grasos Omega-3. efecto de diferentes fuentes de origen vegetal. *Revista negocios de avicultura*, (24).
- Azcona, J O. Schang, M J. Garcia, P T. Gallinger, C. Ayerza J, R. & Coates, W. (2008). Omega-3 enriched broiler meat: The influence of dietary  $\alpha$ -linolenic- $\omega$ -3 fatty acid sources on growth, performance and meat fatty acid composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(2), 257-269.
- Balanza, R. (2008). Efectos metabólicos- terapéuticos a corto y largo plazo de la suplementación con fibra dietética. Tesis Doctoral. Universidad Rovira I Virgili. <http://hdl.handle.net/10803/8661>

- Bedford, M R. (1996). Reduced viscosity of intestinal digesta and enhanced nutrient digestibility in chickens given exogenous enzymes. Proceeding of the first Chinese Symposium on Feed Enzymes, Najing Agricultural University, Najing, People's Republic of China, 6-8 May 1996. Pp.19-28.
- Bianchi G. (2003).Lipids and phenols in table olives. European Journal of Lipid Science and Technology 105:229-242
- Brenes, A R. Marquardt, W. Guenter and B. Rotter, (1993). Effect of enzyme on the nutritional value of raw, autoclaved, and dehulled lupins (*Lupinus albus*) in chicken diets. Poultry Science. 72: 2281- 2293
- Brennan, J. Skinner, J. Barnum, D. A. & Wilson, J. (2003). The efficacy of bacitracin methylene disalicylate when fed in combination with narasin in the management of necrotic enteritis in broiler chickens. Poult Sci, 82(3), 360–363.
- Bressani R. (1993). Grain quality of common beans. Food Rev Int 9: 217-297
- Bushway A. Belyea, PR. y Bushway, RJ (1981). Semilla de chía como fuente de aceite, polisacárido y proteína. Journal of Food Science, 46 (5), 1349-1350.
- Camiruaga, M. Garcia, F. Elera, R. & Simonetti, C. (2001). Respuesta productiva de pollos broilers a la adición de enzimas exógenas a dietas basadas en maíz o triticale. Ciência e Investigación Agraria, 28(1), 23-36.
- Capitani, M. I. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. Dra. Mabel C. Tomás. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química, 22 de marzo, 2013. Argentina, La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26984>
- Capitani, M. I. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.) (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Exactas).
- Cassidy M. M. Lightfoot F.G. Grau L.E. Story J.A. Krttchevsky D. Vahouny G.V.,(1981). Effect of chronic intake of dietary fibers on the ultrastructural topography of rat jejunum and colon: a scanning electron microscopy study. Am. f. Clin. Nutr. 34: 218-228.

- Castro-Martinez R. Pratt, DE y Miller, EE (1986). Antioxidantes naturales de semillas de chíá. En Actas de la Conferencia Mundial sobre Tecnologías Emergentes en la Industria de Grasas y Aceites (pp. 392-396). Sociedad Americana de Químicos del Petróleo, Champaign.
- Chávez, L A. y López, A. y Parra, JE. (2016). Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. Archivos de Zootecnia, 65 (249), 51-58. Fecha de consulta 16 de junio de 2020. ISSN: 0004-0592. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=495/49544737008>
- Chashnidel Y. Moravej H. Towhidi A. Asadi F. Zeinodini S. (2010). Influence of different levels of n-3 supplemented (fish oil) diet on performance, carcass quality and fat status in broilers. African Journal of Biotechnology 9 (5): 687-691.
- Chekani-Azar S. Maheri-Sis N. Aghdam Shahriar H. Ahmadzadeh A. (2007). Effects of Different Substitution Levels of Fish Oil and Poultry Fat on Performance and Parts of Carcass on Male Broiler Chicks. Journal of Animal and Veterinary Advances 6: 1405-1408.
- Chichlowski M. Croom J. McBride B.W. Daniel L. Davis G. Koci M.D. (2007) a. Direct-fed Microbial primalac and salinomycin modulate whole-body and intestinal oxygen consumption and intestinal mucosal cytokine production in the broiler chick. Poult. Sci. 86: 1100-1106.
- Chichlowski M. Croom W.J. Edens F.W. McBride B.W. Qiu R. Chiang C.C. Daniel L.R. Havenstein G.B. Koci M.D. (2007). Microarchitecture and spatial relationship between bacteria and ileal, cecal and colonic epithelium in chicks fed a direct-fed microbial, PrimaLac and salinomycin. Poult. Sci. 86: 1121-1132.
- Choct, M. Kocher, A. Waters, D. L. Petterson D. Ross G. (2004). A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheat's for broiler chickens. Br. J. Nutr. 92: 53-61.
- Chow, K. (1992). Fatty acids in foods and their health implications. Marcel Decker; USA. 1045 pp.
- Coates, M E. & Rolls, B A. (1981). Potato starch, gut flora and caecal size in the chick. Journal of the Science of Food and Agriculture, 32(5), 481-484

- Covachina, M. J. Efecto de hidroxitirosol de origen natural sobre el desempeño de las aves (2014). (Doctoral dissertation, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires). [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/produccion\\_avicola/136-hidroxitirosol.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/136-hidroxitirosol.pdf)
- Cowan, W D. Korsbak, A. Hastrup, T. y Rasmussen, PB (1996). Influencia de las enzimas microbianas agregadas en la energía y la disponibilidad de proteínas de los ingredientes de alimentos seleccionados. *Animal Feed Science and Technology*, 60 (3-4), 311-319.
- Connor, W E. (2000). Importance of n- 3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), 171-175.
- Cowieson, A J. Bedford, M R. y Ravindran, V. (2010). Interacciones entre xilanasa y glucanasa en dietas a base de maíz y soya para pollos de engorde. *British Poultry Science*, 51 (2), 246-257.
- Cunha, M. (2012). Aplicación de enzimas en alimentos balanceados y su desempeño productivo en aves. XXXVII Convención Nacional ANECA.
- Danicke, S. Simon, O. Jeroch, H. y Bedford, M. (1995, octubre). Efecto de la fuente de grasa y la suplementación con xilanasa sobre el rendimiento y la viscosidad intestinal en aves alimentadas con centeno. En proc. 2 ° Symp europeo Alimentar a Enzy. Noordwijkerhout, Países Bajos (pp. 102-107).
- De la Fuente T, Chamorro P, Moreno M, Poza MA. (2004). Propiedades antioxidantes del hidroxitirosol procedente de la hoja de olivo (*Olea europaea* L.). *Revista de Fitoterapia* 4(2):139-147.
- Dibner, J. J. & Buttin, P. (2002). Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(4), 453-463.
- Di Sapio, O. Bueno, M. Busilacchi, H. & Severin, C. (2008). Chía: importante antioxidante vegetal. (2008), *Agromensajes* núm. 24
- Douglas, J. H. Sullivan, T. W. Bond, P. L. Struwe, F. J. Baier, J. G. & Robeson, L G. (1990). Influence of grinding, rolling, and pelleting on the nutritional value of grain sorghums and yellow corn for broilers. *Poultry Science*, 69(12), 2150-2156.
- Dublicz K. Pal L. Wagner L. Banyai A. Bartos A. Toth. (2008). Modification of the n-3 fatty acid profile of meat and liver-type geese tissues. 16th European Symposium on Poultry Nutrition pp: 677-680.

- Eley y Bell. (1948) *Poult. Sci.* 27: 660-661. enzyme supplementation on the performance and digestive organ size of FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Crece el mercado de productos orgánicos*, 1999.
- Elisa Tripoli. The phenolic compounds of olive oil: structure, biological activity and beneficial effects on human health. *Nutr Res Rev* (2005); 18: 98-112. Visioli F, Galli C. The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease: new findings. *Nutr Rev* 1998; 56: 142-147. 3.
- El-Katcha M I. El-Kholy M E. Soltan M A. EL-Gayar A H. (2014). Effect of dietary omega-3 to omega-6 ratio on growth performance, immune response, carcass traits and meat fatty acids profile of broiler chickens. *Poultry Science Journal* (2): 71-94.
- Emken, E A. (1995). Proceeding from the scientific conference on omega-3 fatty acids in nutrition, vascular biology, and medicine, omega-3 fatty acids in nutrition. Dallas, tx. American heart association, 1995, p. 9-18.
- FAO/OMS (1997) *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Organización Mundial de la Salud. 168 pp.
- Fernández, H T. Arregui, A. Amela, M I. Salerno, C M. y Couto (2018) A. Efectos de la adición de hidroxitirosol y harina de chía en la dieta de pollos parrilleros. I. Performance productiva. En *Actas 41° Congreso Argentino de Producción Animal*. Mar del Plata 16-19 octubre 2018.
- Forder, R E. Howarth, G. S. Tivey, D. R. & Hughes, R J. (2007). Bacterial Modulation of Small Intestinal Goblet Cells and Mucin Composition During Early Posthatch Development of Poultry<sup>1</sup>. *Poultry Science*, 86(11), 2396-2403.
- Fouladi P. Salamat Doust Nobar R. Ahmadzade A. Aghdam Shahriar H. Agajanzade A. (2011). *Annals of Biological Research* 2: 478-484.
- Fouladi P. Salamat Doust Nobar R. Ahmadzade A. Aghdam Shahriar H. Noshadi A. (2008). Effect of Canola Oil on the Internal Organs and Carcass Weight of Broilers Chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 7: 1160-1163.
- Francesch, M. Pérez-Vendrell, A M. Esteve-García, E. y Brufau, J. (1994). Efectos del cultivar, granulación y adición de enzimas sobre el valor

nutritivo de la cebada en las dietas avícolas. *British Poultry Science*, 35 (2), 259-272.

- Ganchozo Moreira, W A. & Intriago, E M. (2019). Aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare* L) y su efecto en parámetros de salud y productivos en pollos cobb 500 (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1159>
- García Jiménez, M. (2000). Evaluación de complejos enzimáticos en alimentación de pollos de engorde (Doctoral dissertation, Agronomos).
- Gladine, C. Morand, C. Rock, E. Bauchart, D. & Durand, D. (2007). Plant extracts rich in polyphenols (PERP) are efficient antioxidants to prevent lipoperoxidation in plasma lipids from animals fed n- 3 PUFA supplemented diets. *Animal Feed Science and Technology*, 136(3-4), 281-296.
- Granados-Principal, S. Quiles, J L. Ramirez-Tortosa, C L. Sanchez-Rovira, P. & Ramirez-Tortosa, M C. (2010). Hydroxytyrosol: from laboratory investigations to future clinical trials. *Nutrition reviews*, 68(4), 191-206.
- Hakim A S. Rab N S. Azizullah M. Mustafa R A. Nisar A U. Attaur R. (2012). Effect of fat supplementation on the growth, body temperature and blood cholesterol level of broiler. *Global Advanced Research Journal of Chemistry and Material Science* 1(2):023-034.
- Hedy (2009). Antidiabetic and antioxidante effects of hydroxytyrosol and oleuropein from olive leaves in Alloxan-Diabetic Rats. *J. Agric. Food Chem.*; 57: 8798-8804.
- Hernández, F. Madrid, J. García, V. Orengo, J. y Megias, M D (2004). Influencia de dos extractos de plantas en el rendimiento de los pollos de engorde, la digestibilidad y el tamaño del órgano digestivo. *Ciencia avícola*, 83 (2), 169-174.
- Hernández Gutiérrez, A M. (2009). Efecto de la utilización de aceites esenciales de orégano en la dieta de pollos de engorde sobre el crecimiento alométrico del tracto gastrointestinal, glándulas anexas y parámetros productivos. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/202>.
- Ikegami S. Tsuchihashi F. Harada H. Tsuchihashi N. Nishide E. Innami S. (1990). Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. *J. Nutr.* 120: 353-360.

- Jiménez, P. Masson, L. & Quitral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista chilena de nutrición*, 40(2), 155-160.
- Jaramillo, B A. (2011). Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde.
- Kannan, M. Karunakaran, R. Balakrishnan, V. Prabhakar, T G. (2005). Influence of prebiotics supplementation on lipid profile of broilers. *Int. J. Poult. Sci.*, 4(12): 994-997.
- Kris-Etherton, P M. Taylor, D S. Yu-Poth, S. Huth, P. Moriarty, K. Fishell, V. Etherton, T D. (2000). Ácidos grasos poliinsaturados en la cadena alimentaria en los Estados Unidos. *La revista estadounidense de nutrición clínica*, 71 (1), 179S-188S.
- Libia, E. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 9 de diciembre, (2011). Colombia. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1201&context=zootecnia>
- Lin, K Y. Daniel, J R. & Whistler, R L. (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydrate Polymers*, 23(1), 13-18.
- Lopez-Pedrosa, J M. Ramírez, M. Torres, M I. & Gil, A. (1999). Dietary phospholipids rich in long-chain polyunsaturated fatty acids improve the repair of small intestine in previously malnourished piglets. *The Journal of Nutrition*, 129(6), 1149-1155.
- Macari M. Furlan, R L. Gonzales E. (1994). *Fisiología aviária aplicada a frangos de corte*. 1. Ed. Jaboticabal: FUNESP/UNESP 296 p.
- Malayoğlu, H B. Baysal, Ş. Misirliölu, Z. Polat, M. Yilmaz, H. & Turan, N. (2010). Effects of oregano essential oil with or without feed enzymes on growth performance, digestive enzyme, nutrient digestibility, lipid metabolism and immune response of broilers fed on wheat-soybean meal diets. *British Poultry Science*, 51(1), 67–80. <https://doi.org/10.1080/00071660903573702>
- Mateos, G. G Lázaro, R. González, E. Jiménez, E. & Vicente, B. (2006). Efectos de la fibra dietética en piensos de iniciación para pollitos y lechones. Departamento de producción animal. Universidad Politécnica de Madrid.

Disponible en:[http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/54-fibra\\_piensos\\_iniciacion.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/54-fibra_piensos_iniciacion.pdf)

- Manrique Luna, B. (2019). Efecto de las carbohidrasas en dietas a base de maíz y soya sobre los índices productivos y peso de órganos en pollos de engorde.
- Medina E. de Castro A. Romero C. Brenes M. (2006). Comparación de las concentraciones de compuestos fenólicos en los aceites de oliva y otros aceites vegetales: correlación con la actividad antimicrobiana. *J Agric Food Chem.*; 54: 4954–4961.
- Medina E. Brenes M. Romero C. García A. de Castro A. (2007). Principales compuestos antimicrobianos en las aceitunas de mesa. *J Agric Food Chem.*; 55: 9817–9823.
- Meng, X. Slominski, B A. Nyachoti, C M. Campbell, L D. & Guenter, W. (2005). Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poultry science*, 84(1), 37-47.
- Mikulie, Z V. Serman, N. Mas and x F. Dumanovsky. (1996). Possibility of replacing maize with wheat and barley in mixtures with enzyme preparations for fattening chicks in stress. *Veterinarski Archiv*. 66: 61-70
- Miles R D., Butcher G D. Henry P R. Littell R C. (2006). Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters and quantitative morphology. *Poult. Sci*. 85: 476-485.
- Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. (2019) Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/agricultura-ganaderia-y-pesca>
- Mora Izaguirre, O. Quester, K. Petranovski, V. González Dávalos, L. Piña Garza, E. Shimada Miyasaka, A. & Vázquez-Duhalt, R. (2018). Efecto de la zeolita nanoestructurada con ácido lipoico sobre los parámetros productivos y rendimiento de la canal en el pollo de engorda. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(2), 185-202.
- Mostafa R A. Moharram Y G. Attia R S. El-Sharnouby S A. (2013). Utilization of some vegetable oil blends rich in omega-3 fatty acids: biological evaluation. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25(5): 320-330.
- Muñoz Hernández L. (2012). Mucilage from chia seeds (*Salvia hispanica*): microestructure, physico-chemical characterization and applications in food

industry. Tesis doctoral. Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1889>

- Murray, R S. Munner, M. Sánchez, M. Echegaray, N. & Roviroso, A. (2014). hormonas exógenas en carne de pollo, creencias populares y evidencias científicas con relación a la crianza de aves de corral exogenous hormones in chicken, popular beliefs and scientific evidence regarding poultry breeding. *actualización en nutrición*, 15(3), 63-76.
- Muzaffer, D. Ferda, O. Kemal, Ç. (2003). Effect of dietary probiotic, organic acid and antibiotic supplementation to diets on broiler performance and carcass yield. *Pakistan Journal of Nutrition* 2, 89-91
- Navidshad, B. (2009). The Effects of Fish oil on growth performance and carcass characteristics of broiler chicks fed a low-protein diet. *Int. J. Agric. Biol.* 11: 635-638.
- Nir, I. Hillel, R. Shefet, G. y Nitsan, Z. (1993) *Poult. Sci.* 73: 781-791, Pedroso, A. A., J.F.M. Menten and M.R. Lambaist, 2005. The structure of bacterial community in the intestines of newly hatched chicks. *J. Appl. Poult. Res.* 14: 232- 237
- NRC, (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th rev. ed. National Academies Press, Washington, DC.
- Olivero Troise, R. (2011). Efecto del expeller de citrus en el crecimiento y calidad de carne de pollo parrillero. Tesis de maestría. Universidad de la república (Uruguay). Facultad de Agronomía.
- Olorede, B R. Longe, O G. y Babatunde, G M. (1999). Rendimiento del crecimiento, medición de órganos y economía de la producción de pollos de engorde alimentados con una dieta alta en pastel de manteca de karité complementada con harina de pescado o pastel de maní. *Revista internacional de ciencias animales*, 14 (2), 203-207.
- Oxilia, R M. (2014). Estrés oxidativo y sistema de defensa antioxidante. *Revista Del Instituto de Medicina Tropical*, 5(2), 23-27.
- Pedreño López, Y. (2012). Los antioxidantes polifenólicos, un complemento alimenticio saludable. *Eubacteria*, nº 28 (2012).
- Perez-Maldonado, R A. (2001). Upper limits of inclusion of canola meal and cottonseed meal formulated on a digestible amino acid basis for chicken

meat production. In Proceedings of the Australia Poultry Science Symposium (pp. 156-159).

- Peric, L. Milosevic, N. Zikic, D. Bjedov, S I N I Š A. Cvetkovic, D. Markov, S I N I Š A & Steiner, T O B I A S (2010). Effects of probiotic and phytogetic products on performance, gut morphology and cecal microflora of broiler chickens. *Archiv Tierzucht*, 53(3), 350-359.
- Pillaga Buñay, C V. (2010). Evaluación de Tres Niveles de Enzima (Allzyme Vegpro) en la Alimentación de Pollos Parrilleros (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Plazas, R A. (2011). Investigación y uso de fitasas en avicultura. *Spei Domus*, 7(15).
- Poorghasemi, M. Seidav, I A. Qotbi, A A. Laudadio, V. Tufarelli, V. (2013) Influencia de la fuente de grasa en la dieta sobre las respuestas de rendimiento de crecimiento y los rasgos de la carcasa de los pollos de engorde. *Australas asiáticas. J Anim Sci.*; 26: 705–710.
- Poudyal H. Panchal S. Waanders J. Ward L. Brown L. (2012). Lipid redistribution by  $\alpha$ -linolenic acid-rich chia seed inhibits stearyl-CoA desaturase-1 and induces cardiac and hepatic protection in diet-induced obese rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 23(2): 153-62.
- Ramírez-Tortosa, C. López-Pedrosa, J M. Suárez, A. Ros, E. Mataix, J. y Gil, A. (1999). Las dietas enriquecidas con aceite de oliva y aceite de pescado modifican los lípidos plasmáticos y la susceptibilidad de LDL a la modificación oxidativa en pacientes varones con enfermedad vascular periférica de vida libre: el Estudio de Nutrición Español. *British Journal of Nutrition*, 82 (1), 31-39.
- Reyes-Caudillo E. Tecante A. and Valdivia-López M A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chem.* 107:656-663.
- Reyes Sánchez, Emilio. Morales Barrera, Eduardo. Ávila González, Ernesto (2000). Nota de promotores de crecimiento en pollos de engorda, en un sistema de alimentación restringida y libre acceso. *Veterinaria México*, 31 (1), 1-9. [Fecha de consulta 19 de junio de 2020]. ISSN: 0301-5092. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423/42331101>
- Rietjens, S J. Bast, A. y Haenen, G R (2007). Nuevas ideas sobre las controversias sobre el potencial antioxidante del antioxidante del aceite de

oliva hidroxitirosol. Revista de química agrícola y alimentaria, 55 (18), 7609-7614.

- Rietjens S J et al. New insights into controversies on the antioxidant potential of the olive oil antioxidant hydroxytyrosol. (2007). J. Agric. Food Chem.; 55: 7609-14.
- Ríos Jarrín, A S. (2009). Respuesta productiva de pollos Broilers a la adición de complejos enzimáticos (Proteasas, Xilanasas, Celulasas, Amilasas,  $\alpha$  Galactosidasa) y (Beta Glucanasas, Xilanasas, Pectinasas, Hemicelulasas) en dietas basadas en maíz y soya (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2009).
- Schutte, J B. Pack, M. (1995). Requisito de aminoácidos de azufre de los pollos de engorde de catorce a treinta y ocho días de edad. 1. Rendimiento y rendimiento en canal. Poultry Science, 74 (3), 480-487.
- Selle, P H. & Ravindran, V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. Animal feed science and technology, 135 (1-2), 1-41
- Shamsi. Sepideh. Seidavi. Alireza. Rahati. Maliheh. & Gómez Nieto, José Ángel. (2015). Efecto de la harina de champiñón y flavofosfolipol sobre la canal en pollos de engorda. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 6(4), 469-481. Recuperado en 02 de junio de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242015000400469&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242015000400469&lng=es&tlng=es)
- Simopoulos A P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. American Journal of Clinical Nutrition 54: 438-463.
- Sklan, D. (2001). Development of the digestive tract of poultry. World's Poultry Science Journal, 57(4), 415-428.
- Smulikowska, S. & Mieczkowska, A. (1996). Effect of rye level, fat source and enzyme supplementation on fat utilization, diet metabolizable energy, intestinal viscosity and performance of broiler chickens. J. Anim. Feed Sci, 5(4), 379-393.
- Soto-Salanova, M F. & Wyatt, C L. (1997). Uso de enzimas para la mejora de dietas avícolas. MG Mundo ganadero, (93), 34-40.
- Southon S. Gee J M. y Johnson I T. (1987). The effect of dietary protein source and guar gum on gastrointestinal growth and enteroglucagon secretion in the rat. Br. J. Nutr. 58: 65-72.

- Stanley, D. Geier, M S. Hughes, R J. Denman, S E. and Moore, R J. Highly variable microbiota development in the chicken gastrointestinal tract. *PLOS One*, 12(8), (2013), e84290.
- Steiner, T. (2006). *Managing gut health-natural growth promoters as a key to animal performance*. Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom. Gestión de la salud intestinal: promotores del crecimiento natural como clave para el rendimiento animal 2006 pp.vii + 98 pp. Ref.many.
- Svihus, B. & Zimonja, O. (2011). Chemical alterations with nutritional consequences due to pelleting animal feeds: a review. *Animal Production Science*, 51(7), 590-596.
- Taga, M S. Miller, E E. & Pratt, D E. (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61(5), 928-931.
- Tarifa, M F. (2017) *Antioxidantes naturales como aditivos alternativos en alimento de pollo parrillero: impacto sobre el crecimiento y el desarrollo* (Bachelor's Thesis). <http://hdl.handle.net/11086/5166>
- Tiwari, S P. Gendley, M K. Pathak, A K. y Gupta, R. (2010). Influencia de un cóctel enzimático y fitasa individualmente o en combinación en pollos de engorde Ven Cobb. *Ciencia avícola británica*, 51 (1), 92-100.
- Veldman, A. and H, Vahl. (1994). Xylanase in broiler diets with differences in characteristics and content of wheat. *British Poultry Science*. 35: 537-550.
- Visioli, F. & Galli, C. (1998). The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease: new findings. *Nutrition reviews*, 56(5), 142-147
- Viveros, A. Arija, I. Canales, R. & Brenes, A. (1994b). Effect of enzyme addition on plasma minerals, Cholesterol and caecal volatile fatty acids concentrations in broiler diets based on barley. *Prod. Sanid. Anim.*, 9(2): 109-118.
- Viveros A. Chamorro S. Pizarro M. Arija I. Centeno C. and Brenes A. (2011). Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. Madrid, Spain. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00889>
- Voljč, M. Frankič, T. Levart, A. Nemec, M. & Salobir, J. (2011). Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of  $\alpha$ -tocopherol isomers

in broiler nutrition by measuring oxidative stress in vivo and the oxidative stability of meat. *Poultry science*, 90(7), 1478-1488.

- Windisch, W. Schedle, K. Plitzner, C. & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of animal science*, 86(suppl\_14), E140-E148.
- Xiong, Y. Guo, Y. Xiao, W. Cao, Q. Li, S. Qi, X. & Shui, W. (2016). An NGS-independent strategy for proteome-wide identification of single amino acid polymorphisms by mass spectrometry. *Analytical chemistry*, 88(5), 2784-2791.
- Yalcinkaya I. Gungor T. y Basalan M. (2008). Effect of Mannanoligasaccharide (MOS) from *Saccharomyces cerevisiae* on some internal, gastrointestinal and carcass parameters in broilers. *J. Anim. Vet. Sci.* 7(7): 789-792.
- Zanini S F. Colnago G L. Pessotti B M. Bastos M R. Casagrand F P. Lima V R. (2006). Body Fat of Broiler Chickens Fed Diets with Two Fat Sources and Conjugated Linoleic Acid. *International Journal of Poultry Science* 5 (3): 241-246.
- Zakia A M. y El-Ghamdi Z H. (2008). Multiple environmental stresses and broiler internal organs somatic indices under controlled environment. *Int. J. Poult. Sci.* 7(11): 1089-1094.