

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“EFECTO DE LA GOMA DE TARA Y DE LA GOMA DE GUAR SOBRE
LA MORFOMETRÍA INTESTINAL Y LA RESPUESTA PRODUCTIVA
DE POLLOS DE CARNE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

ENRIQUE ARTURO GIRIBALDI RIVERA

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	REVISION TESIS ENRIQUE GIRIBALDI.pdf (D142946380)
Submitted	8/15/2022 8:34:00 PM
Submitted by	NICEAS CARLOS VILCHEZ PERALES
Submitter email	cvilchezp@lamolina.edu.pe
Similarity	12%
Analysis address	cvilchezp.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TESIS CORREGIDA - JIMENEZ LILIANA.pdf Document TESIS CORREGIDA - JIMENEZ LILIANA.pdf (D142020403) Submitted by: cvilchezp@lamolina.edu.pe Receiver: cvilchezp.unalm@analysis.arkund.com	 7
SA	1622-Manuscrito-6795-1-4-20190703.docx Document 1622-Manuscrito-6795-1-4-20190703.docx (D54465359)	 1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / Tesis JIM ALVAREZ 14 de Agosto.docx Document Tesis JIM ALVAREZ 14 de Agosto.docx (D142911987) Submitted by: ottozea@lamolina.edu.pe Receiver: ottozea.unalm@analysis.arkund.com	 20
SA	Tesis Doctoral 20-09-21.docx Document Tesis Doctoral 20-09-21.docx (D113906898)	 2
SA	Tesis_J.Rodríguez Ovallos_ original (1) (1).docx Document Tesis_J.Rodríguez Ovallos_ original (1) (1).docx (D111395311)	 1
SA	tesis-Boris Coimen-2.docx Document tesis-Boris Coimen-2.docx (D77746178)	 1
SA	SEPPEA_2020_paper_27.pdf Document SEPPEA_2020_paper_27.pdf (D77910005)	 2
W	URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7554757/ Fetched: 9/21/2021 10:01:58 PM	 1
W	URL: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191708/huaman%C3%AD-mel%C3%A9ndez_vj_dr_sjrp_int.pdf?sequence=8&isAllowed=y Fetched: 5/20/2022 5:37:50 PM	 2

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“EFECTO DE LA GOMA DE TARA Y DE LA
GOMA DE GUAR SOBRE LA MORFOMETRÍA
INTESTINAL Y LA RESPUESTA
PRODUCTIVA DE POLLOS DE CARNE”**

Presentada por:

Enrique Arturo Giribaldi Rivera

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco
Presidente

Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín
Miembro

Ph. D. Otto Zea Mendoza
Miembro

Ph.D. Carlos Vílchez Perales
Asesor

DEDICATORIA

A mi papá, Jesús Enrique Giribaldi Aranzaens, y a mi madre, Silvia Helga Rivera Iberico; porque lo dieron todo por mí.

A mi madrina Rossana Rivera Iberico por ser siempre un ejemplo

A mi novia, Valeria Alexandra León Pizarro por ser mi amiga y compañera de vida.

A mi hermano Flavio Alejandro Giribaldi Rivera.

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Carlos Vílchez Perales, por apoyarme de inicio a fin en este proceso.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
	2.1. Definición y tipos de fibra.....	2
	2.2. Fibra en alimentación de aves	4
	2.3. Hidrocoloides y Galactomananos	5
	23.1. Goma de tara	7
	23.2. Goma Guar.....	8
	2.4. Endospermo.....	9
	2.5. Morfometría	10
	25.1. Morfometría intestinal.....	10
	25.2. Vellosidades intestinales.....	11
	25.3. Desarrollo y morfometría del instestino en pollos	11
	2.6. Prebióticos y funciones.....	12
	26.2. Salud intestinal: Interacción entre prebióticos y el mucus.....	14
	26.3. Gomas utilizadas como prebióticos.....	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
	3.1. Lugar y duración	20
	3.2. Animales experimentales	20
	3.3. Instalaciones y equipos	20
	3.4. Manejo sanitario	20
	3.5. Alimentación	21
	3.7. Parámetros evaluados	24
	37.1. Peso vivo	24
	37.2. Ganancia de peso (GDP).....	24
	37.3. Consumo diario de alimento.....	24
	37.4. Conversión alimenticia.....	24
	3.8. Indicadores de morfometría intestinal	25
	3.9. Análisis de datos	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
	4.1. Parámetros productivos	27

4.2. Morfometría intestinal	29
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	33
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	34
VIII. ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas de Inicio (1 – 10 días)	22
Tabla 2: Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas de Inicio (11 - 21 días)	23
Tabla 3: Comportamiento productivo de pollos de carne alimentados con dietas experimentales	28
Tabla 4: Morfometría intestinal promedio de cada tratamiento (día 21)	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Resumen parámetros productivos con repeticiones.....	43
Anexo 2: Requerimientos nutricionales Cobb 500	44

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como fin evaluar el efecto de la goma de tara (GT) y la goma de guar (GG) sobre la morfometría intestinal y el comportamiento productivo de los pollos de carne macho de 1 a 21 días. Se utilizaron 96 pollos machos de la línea Cobb 500 de un día de edad alimentados ad libitum y distribuidos al azar. Se utilizaron 3 tratamientos con 4 repeticiones por tratamiento, entrando 8 en cada unidad experimental. El Tratamiento I (T1) o dieta control; Tratamiento II (T2), dieta con 0.1% de GT y Tratamiento III (T3), dieta con 0.1% de GG. En los resultados obtenidos a los 21 días no hubo diferencias significativas estadísticamente respecto al análisis de morfometría intestinal, sin embargo, para la altura de vellosidad se observa que el T2 tuvo mejor tendencia y menor desviación estándar. En cuanto a los resultados productivos (peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) solo en la conversión alimenticia (CA) se encontraron diferencias significativas entre T1: 1.29 y T3 1.41. Se concluye que la dieta con GT estimula el desarrollo de vellosidades y el aprovechamiento de nutrientes en cambio la GG no tuvo efecto sobre la morfometría intestinal y se observó una mayor CA con respecto a la dieta control.

Palabras clave: profundidad de cripta, vellosidad intestinal, conversión alimenticia, prebiótica, antibiótica.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of tara endosperm (TE) and guar gum (GG) on the intestinal morphometry and productive behaviour of male broilers from 1 to 21 days of age. Ninety-six 1-day-old male Cobb 500 broilers fed ad libitum and randomly distributed were used. Three treatments with four replicates per treatment were used, with eight in each experimental unit. Treatment I (T1) or control diet; Treatment II (T2), diet with 0.1% GT and Treatment III (T3), diet with 0.1% GG. In the results obtained at 21 days, there were no statistically significant differences with respect to the analysis of intestinal morphometry, however, for the height of villi, T2 had the best result and the lowest standard deviation. Regarding the productive results (live weight, weight gain, feed intake and feed conversion) only in feed conversion (FC) significant differences were found between T1: 1.29 and T3: 1.41. It is concluded that the GT diet stimulates the development of villi and the utilisation of nutrients, while the GG had no effect on intestinal morphometry and a higher CA was observed with respect to the control diet.

Keywords: crypt depth, intestinal villi, feed conversion, prebiotic, antibiotic.

I. INTRODUCCIÓN

En el 2006 la prohibición de antibióticos como promotores de crecimiento, por parte de la Unión Europea, debido a que generaban resistencia a los antibióticos humanos, generó que se promueva el uso de prebióticos en base a fibra dietaria que en cantidades moderadas puede mejorar el desarrollo de órganos, la salud intestinal, el metabolismo del colesterol y glucosa, la producción de enzimas pancreáticas y digestibilidad de nutrientes en pollos.

Los ingredientes con alto contenido de fibra se han incluido como prebióticos en las dietas debido a que son altamente fermentables y no digeribles promoviendo el crecimiento de microorganismos benéficos en el intestino delgado y ciego. Además, optimizan los procesos de absorción de nutrientes, fortalecen el estado de la barrera intestinal y del microbiota, disminuyen los costos de mantenimiento digestivo, mejoran la respuesta inmune y, finalmente, garantizan la productividad de los avicultores. La fibra protege el epitelio intestinal que representa una de las principales puertas de entrada de microorganismos patógenos hacia el interior del organismo.

Entre los prebióticos existentes están las gomas, constituidas por fibra soluble en base a β -galactomananos como la goma de guar y la goma de tara. En los últimos años se ha estudiado el enorme potencial de los galactomananos que son biopolímeros del tipo polisacáridos formado por un esqueleto de manosa con ramificaciones formadas por unidades de galactosas. Estos biopolímeros aparecen de forma natural en la fracción soluble de la fibra en la dieta del animal y tiene propiedades prebióticas.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto, en la dieta, de la goma de tara y la goma de guar sobre la morfometría intestinal y la respuesta productiva en pollos de carne, debido a la poca información respecto a los beneficios de las gomas como prebióticos constituidos por fibra soluble.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Definición y tipos de fibra

La fibra de la dieta es parte que es resistente a la digestión enzimática. Esta incluye hemicelulosa, sustancias pépticas, gomas, mucilagos, y componentes que no son carbohidratos como lignina (Dhinga et al., 2012).

La clasificación más aceptada para la fibra de la dieta ha sido mediante la diferenciación de los componentes de la fibra de la dieta de acuerdo a su solubilidad en buffer a un pH definido y/o a su capacidad de fermentar en un sistema *in vitro* usando una solución acuosa que representa enzimas de humano. Por lo tanto, de forma más apropiada la fibra se clasifica en dos categorías: fibra insoluble en agua, escasamente fermentable como la celulosa, hemicelulosa, lignina y la fibra soluble en agua, de buena fermentación tales como la pectina, las gomas, y los mucilagos (Dhingra et al., 2012).

Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal (Anita y Abraham, 1997).

Fibras solubles:

- Pectina: Las sustancias pectinas son un grupo complejo de polisacáridos en los cuales el ácido D-galacturónico es su principal constituyente. Estos son componentes estructurales de paredes celulares de las plantas y también actúan como sustancias intercelulares de estabilidad. La pectina es altamente soluble en agua y casi completamente metabolizable por las bacterias del colon. Debido a su conducta gelatinizante, estos polisacáridos solubles pueden disminuir la tasa de vaciamiento gástrico e influenciar el tránsito del intestino delgado. Lo antes mencionado explica

sus propiedades hipoglicémicas (Jenkis et al., 1978).

- Gomas y mucílagos: Estas son tipos de fibra de plantas que no son componentes de la pared celular pero que están formados en células secretoras especializadas de las plantas. Estos son polisacáridos altamente ramificados que forman geles, se unen a agua y otros materiales orgánicos. Las gomas son exudaciones pegajosas formadas en respuesta a traumas. Las principales son la goma de guar y la goma arábica. Los mucílagos se secretan en el endospermo de las semillas de las plantas, donde actúan para prevenir deshidratación excesiva (Takahasi et al., 1994; Dhingra et al., 2012).

Fibras insolubles:

- La lignina no es un polisacárido sino un polímero complejo que contiene cerca de 40 unidades fenilpropano oxigenadas y alcoholes que han experimentado una polimerización compleja. La lignina varía en peso molecular y contenido de grupos metoxilos. La lignina es inerte debido a su fuerte unión intramolecular la cual incluye uniones carbón con carbón (Dhingra et al., 2012).
- La celulosa. Es el principal componente de la pared celular, una cadena lineal no ramificada compuesta de varias unidades de glucosa con uniones β -1,4 glucosídicos. La fuerza mecánica de la celulosa, la resistencia a la degradación biológica, la baja solubilidad acuosa y la resistencia a la hidrólisis son el resultado de la unión de hidrógenos con microfibrillas (Zea, 2019).
- La hemicelulosa. Se trata de polisacáridos de la pared celular que solubilizan en álcali acuosa después de la eliminación de agua soluble y polisacáridos pécticos. Contienen una columna vertebral de unidades de glucosa con enlaces glucosídicos β -1,4, pero difieren de la celulosa en que son de menor tamaño, contienen variedad de azúcares y algo de galactosa, manosa, arabinosa y otros azúcares (Anita y Abraham, 1997).

Características físico-químicas de la fibra

- Tamaño de partícula y volumen.
- Características de superficie de área.

- Propiedades de hidratación.
- Solubilidad y viscosidad.
- Adsorción unión de iones y moléculas orgánicas.

2.2. Fibra en alimentación de aves

En avicultura, la fibra de la dieta ha sido considerada como un diluyente con aspectos negativos en la relación a la ingesta voluntaria y digestibilidad de nutrientes. Las dietas comerciales, especialmente aquellas destinadas a pollos jóvenes han sido formuladas para que contengan menos de 3% de fibra cruda (Mateos et al. 2012).

En los últimos años se ha demostrado que la inclusión de moderadas cantidades de diferentes fuentes de fibra mejora el desarrollo de los órganos digestivos e incrementa la secreción de ácido clorhídrico, ácidos biliares y enzimas. Estos cambios pueden provocar mejoras en la digestibilidad de nutrientes, performance de crecimiento, en salud del tracto gastrointestinal y eventual en el bienestar animal (Mateos et al., 2012). Por otro lado, el perfil del microbioma existente en la parte distal del TGI puede verse modificado de acuerdo a la cantidad y tipo de fibra de la dieta, así como también de la composición de la dieta basal (Badia et al., 2012; Mateos et al., 2012).

La fibra de la dieta ha sido descrita como el remanente estructural de las células de las plantas que no son digeridas por animales monogástricos (Michard, 2011). Las diferencias en la estructura y propiedades de las fuentes de fibra existente afectan la tasa de pasaje de diferentes maneras, alterando de más el pH de la digesta y la producción de los ácidos grasos volátiles en diferentes segmentos del TGI (Mateos et al., 2012). Los efectos de la fibra de la dieta sobre la ingesta voluntaria, el tamaño de órganos, la motilidad del TGI, la producción de enzimas, el crecimiento del microbiota y el comportamiento de las aves varían de acuerdo al tipo de fibra (Mateos et al., 2012; Biggs et al., 2007). Además, los efectos de la fibra de la dieta sobre la fisiología y productividad dependen de los niveles de inclusión y la fuente de fibra (Mateos et al., 2012; Biggs et al., 2007).

Una de las principales ventajas de la inclusión de la fibra de la dieta es su efecto positivo sobre el desarrollo de la molleja. La molleja regula muchos aspectos fisiológicos como son

la reducción del tamaño de partícula, la regulación de la motilidad y el control del flujo de alimento y reflujo gastroduodenal, mejora la secreción de enzimas digestivas, incluyendo HCl, ácidos biliares, enzimas endógenas y la sincronización de la digestión y el proceso de absorción. Todas estas actividades afectan la funcionalidad del TGI y pueden modificar el crecimiento microbiano en diferentes sitios específicos de los órganos (Mateos et al., 2012).

2.3. Hidrocoloides y Galactomananos

Los hidrocoloides o biopolímeros, son polisacáridos que comúnmente se encuentran asociados a cationes metálicos. Estas moléculas tienen gran afinidad por el agua, debido a lo cual modifican la viscosidad de sus soluciones acuosas y algunos de ellos presentan efectos gelificantes a bajas concentraciones (Rodríguez et al., 2012).

Las gomas son un tipo de hidrocoloide de origen vegetal, que provienen de frutas, semillas y exudados. Estos biopolímeros son biodegradables y seguros para el consumo. Las propiedades físicas y químicas dependerán de diversos factores como la fuente de extracción, su peso molecular, su composición, su conformación y tamaño de partícula (Silva et al., 2017; Nieto, 2009).

Los galactomananos son polisacáridos que se encuentran en la naturaleza en numerosas semillas de plantas de la familia *Leguminosae*, compuestos de un esqueleto lineal de unidades de manosa (M) unidos por enlaces β -1,4 y de unidades de galactosa (G) con enlaces α -1,6 aleatoriamente reunidas como cadenas laterales (Cheng y Prund'homme, 2000). Los galactomananos son biopolímeros versátiles, ausentes de toxicidad, solubles en agua, los cuales forman soluciones viscosas a bajas concentraciones y son poco afectados por el pH o calor (Cerqueira et al., 2009).

Las gomas están conformadas principalmente de β -galactomananos. Existen dos importantes grupos de polisacáridos galactomananos:

- a. Aquellos derivados del endospermo de las legumbres.
- b. Aquellos producidos por ciertos microorganismos y bacterias.

Los galactomananos de origen bacteriano presentan mayor variedad y complejas estructuras

químicas que los galactomananos de las semillas, pero no tienen aplicaciones comerciales (Cheng et al., 2000).

Un gran número de galactomananos que están siendo producidos actualmente a escala industrial se han convertido en productos comerciales, este es el caso de las gomas, cuya definición es la siguiente, "Un polisacárido se clasifica como una goma, o un hidrocoloide, cuando es dispersable en agua para formar una pasta mucilaginosa, una solución coloidal o un gel". De acuerdo con esta definición, el almidón, pero no la celulosa, cae en la categoría de las gomas, mientras que, la celulosa insoluble, que no es un hidrocoloide, puede convertirse en sus derivados dispersables en agua, por ejemplo, carboximetilcelulosa (CMC) y metilcelulosa, que son gomas (Mathur, 2012).

La viscosidad de estas gomas dependerá de la relación M-G presente en la goma, mientras mayor sea esta relación mayor será su viscosidad a la misma concentración. Así mismo, si el porcentaje galactosa es mayor, la goma será más soluble en agua y menor será su habilidad para formar un gel, debido a la sinergia entre las cadenas y mayor presencia de grupos hidroxilo (Cerqueira et al., 2011; Prajapati et al., 2013). Los galactomananos en general, por su estructura ramificada forman soluciones acuosas cinco veces más viscosas que el almidón a la misma concentración (Siccha et al., 1992).

Comercialmente los galactomananos se extraen de cuatro fuentes principales: Algarrobo (*Ceratonia siliqua*), guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), tara (*Caesalpinia spinosa*), y alholva o fenogreco (*Trigonella foenum-graecum L*). El uso de la goma de tara y fenogreco aún no ha tomado gran importancia, los galactomananos de mayor importancia económica son la goma de guar y garrofín (Cerqueira et al., 2009).

Cada una de estas gomas, compuestas principalmente por galactomananos tienen algunas propiedades específicas que están determinadas por el peso molecular, la relación de manosa y galactosa (Man/Gal o M: G), y el modo de colocación de injertos de galactosa simples sobre la cadena polimérica lineal de mananos de la molécula. Por lo tanto, un galactomanano no siempre puede ser reemplazado por otro en una aplicación específica, esta es la razón por la que los galactomananos procedentes de diversas fuentes vegetales, tienen que ser comprendidos para la producción comercial, a pesar de su disponibilidad variable y

diferencias de precio (Mathur, 2012).

La goma de guar tiene una relación de unidades de manosa a galactosa de 1.6:1 a 1.8:1 (Cheng et al.; 2000), mientras que la tasa de manosa a galactosa es de 3:1 para la goma de tara, otras gomas como la de algarrobo tienen una relación 4:1 (Wu et al., 2015). Al respecto, con un menor contenido de galactosa, cualquier galactomanano debería tener una menor solubilidad en agua y es probable que muestre una reología mezclada sólido-gel o semigel (Mathur, 2012).

2.3.1. Goma de tara

La goma de tara es un biopolímero formado por monómeros de G y M, es decir un galactomanano, por la relación galactosa-mansosa sus propiedades son intermedias entre la del garrofin y el guar (Cerqueira et al., 2009). La relación entre las unidades de galactosa y mansosa para la goma de tara es de 1:3 mientras que en las otras dos gomas es de 2:3 y 1:4 respectivamente (Villanueva 2007). La goma de tara tiene peso molecular considerable, 0.2 a 2 MDa. Esta goma está compuesta en su mayoría de polisacáridos dispuestos en cadenas lineales de mansosa y galactosa. Las cadenas de esta goma están asociadas a cationes metálicos que pueden ser de calcio, potasio o magnesio (Prajapati et al., 2013, Villanueva, 2007).

La presencia de unidades laterales de galactosa tiende a inhibir la agregación, por lo que gomas con más cadenas laterales son más fáciles de disolver en el agua, incrementando su viscosidad, lo cual presenta una relación adversa si se desea suplementar a animales debido a que tiende a atrapar nutrientes (Mathur, 2012).

Esta actividad espesante y gelificante de los β -galactomananos en general es un inconveniente para su uso en alimentación de animales, puesto que afectan negativamente la absorción de nutrientes (Brufau et al., 2015). Una dispersión acuosa al 1% de goma de tara tiene una viscosidad de 2000–3600 *centipoise* (cP). Esta viscosidad no cambia a valores de pH entre 3.0 y 7.5 (Mortensen et al., 2017).

La goma de tara es un polvo de color crema claro, es inodora, insípida y muy estable a

temperatura ambiente. Su composición y estructura la hacen altamente viscosa a bajas concentraciones en comparación con otras gomas.

2.3.2. Goma Guar

La Goma de Guar se obtiene a través del endospermo molido de la semilla de la flor de Guar y según Castañeda et al. (2019) esta pertenece a la familia de las leguminosas y se cultiva principalmente en países como África, Australia, India y Pakistán, dado que entre sus usos se encuentra el ser alimento para animales y humanos. Su mayor productor es India, que a nivel mundial produce entre 2 y 3 millones de toneladas al año, que representa el 80% de su producción. Cultivada también en el suroeste de los EE.UU., la goma guar es un polisacárido con diversas aplicaciones a nivel industrial, pues tiene la capacidad de formar puentes de hidrógeno con el agua, lo que permite crear hidrogeles, por lo que al emplearse en alimentos se emplea en bajas concentraciones, generalmente al 1g/100g, porque su viscosidad es alta, lo que va a limitar su empleo en productos más fluidos. También es importante saber que la goma forma parte de la fibra dietética, por lo que puede tener beneficios en la salud, sobre todo en el control de la diabetes, ya que mejora movimientos intestinales, los problemas cardíacos y el cáncer de colon.

2.3.2.1. Características físico-químicas de la goma guar

Las características físico – químicas de la goma de guar son descritas, de acuerdo con Cantón et al., (2016) como las siguientes:

La goma guar no es otra cosa que un galactomanano que tiene forma de gel, obtenido a través del endospermo de la leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus L.* Ésta tiene un peso molecular de 200.000- 300.000 dalton y su estructura química es una cadena larga de moléculas α -D-manopiranosilo, que se hayan unidas a través de enlaces de glucosídicos tipo β -D- (1-4). Dicha estructura química se logra al degradar a temperaturas altas. En torno a las propiedades físicas, en su forma purificada se encuentra como un polvo de color blanco que, al hidratarse, forma una solución coloidal altamente viscosa, lo que significa que puede retrasar el vaciamiento gástrico y así hacer que la absorción de los macronutrientes se sostenga en el tiempo. En lo que respecta a su viscosidad, ésta es estable cuando hay cambios de pH. Además, la goma de guar parcialmente hidrolizada no es posible encontrarla en los alimentos de forma natural, sino que se va a obtener gracias a una hidrólisis enzimática

controlada de la propia goma guar, y en este proceso se emplea la enzima β -endomananasa, que permite la ruptura de la molécula de galactomanano, lo que deja a los grupos galactosilos intactos. De esta forma, el producto que se obtiene en esta hidrólisis después se separa, se purifica, se seca y por último se pulveriza, permitiendo que se presente como un polvo blanco muy soluble en agua y casi sin sabor, con un peso molecular que va a oscilar entre los 1.000 y 100.000 dalton (Cantón et al., 2016).

2.4. Endospermo

Se conoce así al tejido que tiene de reserva la semilla, según Olivar et al. (2010) se compone por endospermo harinoso y aleurona. Ahora bien, en lo que respecta a los depósitos de galactomananos, éstos se hayan en las paredes del propio endospermo harinoso en una concentración que oscila entre el 45% y el 85%. Esta cantidad de concentración será regulada por la especie de la semilla, su lugar de origen, entre otros.

De acuerdo con Megías et al. (2018) se trata de un tejido nutritivo que, o bien se haya en los lados o rodeando por completo al embrión dentro de la semilla. Ahora bien, cuando se trata de casos como el de las angiospermas, ésta se crea a través de la fusión de un núcleo generativo con otros dos núcleos centrales del propio saco embrionario, lo que termina por formar un tejido triploide.

En lo que respecta a las gimnospermas, el tejido nutritivo es el haploide y éste recibe el nombre de endospermo primario, puesto que el mismo es un tejido de reserva que no tiene otra función que la de proporcionar nutrientes al embrión de la semilla durante las primeras fases que tiene el desarrollo de la planta. Esto se logra gracias a que las células nutricias van a ir almacenando granos de proteínas o almidón que terminan por formar gránulos amorfos que se denominan glútenes o los conocidos como complejos proteicos cristalizados que se denominan como granos de aleurona (Megías et al., 2018).

Por un lado, en algunas especies de angiospermas existe otro tejido adicional que se haya formado por células de la nucela, que no es otra cosa que una parte del rudimento seminal y que va a formar el perispermo, aunque se debe recordar que en la mayoría de las semillas la nucela no se haya presente. Por otro lado, existen semillas que tienen el endospermo en estadios maduros y por eso reciben el nombre de semillas albuminosas o endospérmicas, así

como existen semillas que van a consumirlo en los primeros estadios de maduración y por eso se llama semillas exalbuminosas o endospérmicas. Este último tipo de semillas mencionadas van a almacenar el material de reserva en los cotiledones, como es el caso de la mostaza, las judías o los guisantes (Megías et al., 2018).

2.5. Morfometría

La morfometría es utilizada en diversas ramas a fin de estudiar determinadas características de un ser u objeto, así, Bedford, (2000) indica que la palabra morfometría significa medición y, por tanto, se refiere a los análisis cuantitativos que se realizan a la o de la forma; por tanto, es un concepto que puede abarcar desde el tamaño hasta la forma de las cosas.

2.5.1. Morfometría intestinal

Tal como señalaban Baumel et al. (1993), dentro de las aplicaciones que tiene la morfometría está el análisis de los cambios ocurridos en determinadas estructuras, estando de ello los análisis morfométricos que se realizan sobre la mucosa del intestino, que permiten medir y cuantificar las vellosidades intestinales y las criptas de *Lieberkühn*, que permite evaluar todo su desarrollo y así comprender los procesos fisiológicos y su capacidad de absorción de cada sección del intestino. Para entender la respuesta morfométrica intestinal a un tratamiento se debe, según Puente et al. (2019) en pocas palabras a un balance entre la renovación celular, que es la proliferación y diferenciación que ocurre en las criptas, y la pérdida celular por extrusión en el ápice de las vellosidades. También se debe considerar que el ancho y la longitud de las vellosidades son dependiente del número de células que los componen, por lo que, entre menos anchas y largas sean las vellosidades o se tengan una relación mayor longitud/profundidad el balance de renovación celular será más favorable, esto se deberá a una ausente extrusión junto a una alta tasa de renovación.

Así, se puede observar que las vellosidades más cortas van a tener un balance favorable a la extrusión, producida por una pérdida normal de células o por una inflamación que se produce por patógenos o sus toxinas. De esta manera, se entiende que el análisis morfométrico intestinal estaría basado en características específicas tales como:

- a. Altura de las vellosidades
- b. Ancho de las vellosidades
- c. Área de las vellosidades

- d. Profundidad de cripta
- e. Relación entre altura y profundidad de la cripta

2.5.2. Vellosidades intestinales

Las vellosidades intestinales son estructuras funcionales del intestino que sirven para la absorción y la digestión. Entre mayor sea la cantidad de células, el tamaño de la vellosidad será mayor y, por tanto, será mucho más grande el área dedicada a la absorción de los nutrientes. Por tanto, se considera que la absorción ocurrirá sólo cuando la integridad de las células de las vellosidades sea suficiente, ya sea en la membrana luminal como en la membrana baso lateral (Ávila et ál., 2018).

La altura de las vellosidades será la distancia que se tome a partir de la región basal y que coincida con la porción superior de las criptas hasta alcanzar el ápice de la vellosidad. Esto significa que su grosor, es decir, el de las vellosidades, será medida en el punto medio de cada vellosidad. De tal forma que, por un lado, la medida de profundidad de cripta será la distancia que se tome desde la región basal de cada vellosidad hasta la parte basal superior de la musculatura lisa del intestino. Esto significa que la relación altura de vellosidad y profundidad de cripta será el resultado de la división de ambas magnitudes.

2.5.3. Desarrollo y morfometría del intestino en pollos

La investigación de la dinámica de las células intestinal es crucial para comprender tanto la fisiología digestiva como la eficiencia de la producción animal. La capa epitelial del intestino, el sitio de la digestión y absorción de nutrientes, está compuesta por una población de células continuamente renovables en las cuales las células madres, ubicadas en la región de la cripta, dan lugar a células denominadas enterocitos (Perry, 2006). La proliferación está restringida a las criptas en la base de las vellosidades y su progenia migra hacia las vellosidades donde se especializan y pierden su capacidad para dividirse (Cheng y Leblond, 1974).

Los intestinos de los pollos aumentan de peso más rápidamente que la masa corporal. La tasa de crecimiento de los intestinos en relación con el peso corporal es mayor a los 5-7 días de edad en pollos (Uni, 1999; Van Leeuwen, 2004). La longitud intestinal se incrementa en dos a tres veces hasta los 12 días de edad, mientras que el peso de los tres segmentos intestinales (duodeno, yeyuno e ileon) aumenta de siete a diez veces (Uni, 1999; Van

leeuwen, 2004).

Las vellosidades aumentan en tamaño y número, dándoles una mayor superficie de absorción por unidad de intestino. Este rápido desarrollo morfológico inmediatamente después de la eclosión presenta diferentes tasas de aumento en el volumen de vellosidades en el duodeno, el yeyuno y el ileon. Así por ejemplo aunque el crecimiento de las vellosidades duodenales está casi completo en el día 7, el desarrollo del yeyuno y el ileon continúa más allá de los 14 días de edad (Uni et al., 1995).

Por otro lado la migración de enterocitos de la cripta a la vellosidad dura aproximadamente 72 horas en polluelos de 4 días de edad y 96 horas en aves de mayor edad (Uni et al., 1998; Geyra et al., 2001). Se conoce además, que a partir de los 24-48 horas posteriores a la eclosión, estas células aumentan rápidamente en longitud y desarrollan una polaridad pronunciada y un borde de cepillo definido (Uni et al., 1998).

Otra estructura del epitelio del TGI es una capa mucosa que actúa como un medio de protección, lubricación y transporte entre el contenido luminal y las células epiteliales. La producción de mucus para el mantenimiento de la capa mucosa es responsabilidad de las células caliciformes (Montagne et al., 2003). Las células caliciformes surgen por mitosis de células madre pluripotenciales en la base de la cripta o de células poco diferenciadas en la región de la cripta inferior, denominadas células oligomucosas (Geyra et al., 2001).

La capa mucosa está compuesta predominantemente por glicoproteínas de mucina. Las mucinas se clasifican en subtipos neutros y ácidos, y también se distinguen por grupos sulfatados o no sulfatados (Perry, 2006). Una vez que la mucina se sintetiza en las células caliciformes y se secreta a la superficie intestinal, forma una capa que sufre una continua degradación y renovación. La degradación de la capa mucosa es parte del equilibrio entre la secreción de la síntesis y la descomposición de la capa mucosa (Forstner y Forstner, 1994; Forstner et al., 1995).

2.6. Prebióticos y funciones

Un prebiótico es definido como “cualquier ingrediente alimenticio no digerible que afecta

benéficamente al hospedero estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de una o de un número limitado de bacterias en el colon y por tanto mejora la salud del hospedero” (Gibson y Roberfroid, 1995).

Las bacterias estimuladas deben ser de una naturaleza benéfica, y son denominadas *bifidobacteria* y *lactobacilus*; sin embargo, el éxito prebiótico ha sido predominantemente con los *lactobacilus spp.* Esto se debería a que generalmente hay más *bifidobacteria* en el colon de los animales que *lactobacilus*, y a que estos últimos exhiben una preferencia por los prebióticos (Gibson et al., 2010).

Como norma general, los prebióticos deben ser capaces de soportar procesos digestivos de manera que los beneficios se produzcan en la última porción del tracto gastrointestinal. (Gibson y Rastall, 2006).

2.6.1. Microbiota bacteriano del tracto gastrointestinal del ave

El microbiota es un componente esencial de un tubo gastrointestinal sano, debido a que está muy involucrada en una amplia gama de acontecimientos fisiológicos, nutricionales e inmunológicos que pueden afectar directa o indirectamente la salud y la productividad de las parvadas comerciales (Yegani y Korver, 2010). Las bacterias beneficiosas pueden proteger a las aves a través de un proceso de exclusión competitiva, que consiste en la inhibición de la colonización de algunos microorganismos (incluyendo patógenos) por otros (Gabriel et al., 2006). Las bacterias gastrointestinales obtienen la mayor parte de energía para su reproducción y crecimiento a partir de los componentes de la dieta. Además, la comunidad bacteriana en un momento dado, refleja la capacidad de cada grupo bacteriano para competir frente a otros grupos y al sistema de defensa del hospedero en determinadas condiciones físicas y químicas del medio. La habilidad del sistema digestivo para digerir y absorber nutrientes es, en parte, dependiente de la distribución de especies y de la población total de microorganismos residentes. Por ello, los cambios en la composición sobre la población microbiana intestinal, o cualquier desbalance de estos influye en la habilidad de los animales para digerir y absorber nutrientes causando deficiencias en su rendimiento (Apajalahti y Kettunen, 2002). Se calcula que el número de especies bacterianas en el tracto gastrointestinal generalmente varía de 400 a 500. Además, el perfil bacteriano, el cual incluye especies y números de cada organismo, es específico a cada segmento del tubo digestivo, el cual puede verse influido por una amplia variedad de factores, tales como el pH

del bolo alimenticio, la tasa de paso del mismo, la actividad del sistema inmunológico del intestino y dieta (Yegani y Korver, 2010). El microambiente intestinal que ejerce influencia sobre el microbiota depende en gran medida del pH, del sustrato disponible (proteína más digerida, polisacáridos no amiláceos, etc.), del potencial de oxidación y reducción, de las toxinas, de los anticuerpos y de la presencia de otras bacterias (Gauthier, 2002).

La relación altura de vellosidad/profundidad de cripta es usada como criterio para estimar la capacidad digestiva del intestino delgado. Factores tales como el tipo de fibra (viscosa vs no viscosa), nivel de fibra y edad de las aves, así como también la composición de la dieta basal influyen en la respuesta del epitelio de la mucosa a la fibra de la dieta (Choct, 2009; Savage, 1997).

Choct (2009) señala que sustancias que actúan como estresantes en la digesta pueden conducir relativamente rápido a cambios en la mucosa intestinal debido a la proximidad de la superficie de la mucosa con el contenido intestinal. Cambios en la morfología intestinal, tales como vellosidades más cortas y criptas más profundas han sido asociados a la presencia de toxinas. Una disminución de las vellosidades disminuye el área de superficie para la absorción de nutrientes.

En relación a los fructooligosacáridos (FOS) y su efecto prebiótico en cuanto a la morfometría intestinal en pollos (Xu et al., 2003) reportó que 0.4% de suplementación con FOS incrementaron significativamente la altura de la vellosidad ileal, la altura de las microvellosidades del yeyuno y del ileon y la relación altura de vellosidad con profundidad de cripta, mientras que disminuyó la profundidad de cripta en el yeyuno e ileon.

2.6.2. Salud intestinal: Interacción entre prebióticos y el mucus

El mucus es considerado como un elemento esencial para la función de protección de barrera del intestino debido a que este actúa como un lubricante y protege la superficie de la mucosa de daños químicos y físicos, evita la entrada de bacterias patógenas y ayuda al pasaje del contenido luminal a través del tracto (Montagne et al., 2003). Esta capa de mucus que cubre el tracto epitelial del intestino está compuesta principalmente de mucinas, las cuales a su vez son glicoproteínas altamente glicosiladas sintetizadas, almacenadas y secretadas por las células caliciformes del epitelio del intestino (Tsirtsikos et al., 2012).

Las cadenas de carbohidratos de las mucinas actúan potencialmente como receptores específicos para la unión de adhesinas de bacterias comensales y patógenas. Dependiendo del contenido de monosacáridos, las mucinas están clasificadas como subtipos:

- a. Neutrales
- b. Ácidas, distinguidos dentro de grupos sulfatados (sulfomucinas) o no sulfatados (sialomucinas).

El estado de salud del tracto digestivo parece estar conectado al grado de madurez de las mucinas, las cuales en su etapa madura son principalmente ácidas sulfatadas (Van Leeuwen et al., 2004). La presencia de ácidos sulfatos y ácidos sialicos sobre las cadenas de carbohidratos confieren propiedades fisicoquímicas sobre las mucinas ácidas intestinales que son diferentes de las mucinas neutrales, resultando en una mayor viscosidad y acidificación (Van Leeuwen et al., 2004).

Hay evidencia que sugiere que la composición de la mucina del intestino quizás module la composición de la microbiota del intestino y viceversa, en ese sentido, alimentar con una dieta que contiene fibra de cereal comparada a una dieta que contiene celulosa reduce la densidad de volumen de las células que contienen mucinas neutrales y sulfomucinas en el yeyuno de ratas convencionales, y la densidad de coloración de las mucinas neutrales y ácidas en ratas libres de gérmenes (Sharma y Schumacher, 1995). Por otro lado, alimentar ratas libres de gérmenes con una dieta suplementada con inulina incrementó la cantidad de mucinas neutrales en el contenido del ciego, y de mucinas sulfatadas de la mucosa cecal (Fontaine et al., 1996).

Algunas investigaciones, indican que los efectos beneficiosos de los β -galactomananos no se limitan a la actividad protectora sobre la función barrera epitelial intestinal. También demostraron que los β -galactomananos son capaces de revertir el aumento de especies reactivas de oxígeno causado por la infección por *Salmonella Enteritidis* y, por tanto, previniendo el daño oxidativo que perjudicaría la estructura y la funcionalidad del epitelio intestinal en condiciones de infección por *Salmonella*. Así mismo, poseen efectos inmunomoduladores en condiciones de infección con *Salmonella Typhimurium*, cosa que

influye directamente sobre el mantenimiento de un buen estado de salud intestinal. Demostraron que la inclusión de β -galactomananos en la dieta de los pollos aumentaba la secreción de moco intestinal por parte de las células caliciformes, no sólo respecto a los animales inoculados con 108 UFC *Salmonella Enteritidis*, sino también respecto a los controles no inoculados. El aumento del grosor de la capa de moco por la adición de β GMH en la dieta podría dificultar que, tanto *Salmonella spp.*, como otros patógenos, puedan adherirse al epitelio, facilitando su eliminación a través de las heces ya sin capacidad infectiva tras su unión a los β GMH. Por tanto, β GMH disminuye el riesgo de infección y contribuye a un estado de salud intestinal óptimo en las aves (Badia et al., 2012)

Además de su efecto prebiótico, la adición de β GMH a las dietas tiene efectos antiinflamatorios e inmunomodulador, adicionalmente al hecho de suponer zoonosis alimentarias, la infección por *Salmonella* y otras enterobacterias también compromete la integridad intestinal del animal con procesos inflamatorios y alteración de la llamada “función epitelial de barrera”, es decir, la función del tracto intestinal como principal barrera natural del animal contra patógenos externos. Esto puede desembocar en menor eficiencia alimentaria, así como en mayor susceptibilidad a infecciones. Se ha estudiado la expresión de *RNA mitocondrial -RNAm-* de diversas citocinas y quimiocinas proinflamatorias en el cultivo de células intestinales infectadas con *Salmonella*. Las citocinas y quimiocinas ejercen la función de mensajeros químicos entre células y participan en la coordinación de la respuesta inflamatoria e inmunitaria de los tejidos (Badia et al., 2012)

También se ha evaluado el efecto de los β -galactomananos sobre la morfología e integridad de la mucosa intestinal. Así, entre otros efectos han observado que en pollos suplementados con estos carbohidratos no digeribles se produce un marcado aumento de células caliciformes o de Goblet, que tienen un papel relevante en la producción de la fina capa de moco que recubre el epitelio intestinal y que contribuye a su protección frente a la adhesión de agentes patógenos. Este aumento fisiológico de producción de moco también ha sido constatado por los autores (Morales, 2007).

2.6.3. Gomas utilizadas como prebióticos

Los galactomananos, como ya se mencionó, son polisacáridos que se encuentran en la naturaleza, compuestos por un esqueleto lineal de unidades de manosa unidos por enlaces b-

1,4 y unidades de galactosa con enlaces a-1,6 aleatoriamente reunidas como cadenas laterales (Cheng y Prund'homme, 2000).

Estudios realizados por Macfarlane et al. (2006) cuyo objetivo fue estudiar el posible efecto de los galactomananos presentes en la goma de garrofín, tanto a nivel de parámetros productivos, como su carácter probiótico (controlador del desarrollo de *Salmonellas* a nivel intestinal). A lo largo de sus experimentos se analizan diversas variables como nivel de empleo de dicha goma de garrofín y el efecto de la incorporación de distintas enzimas: **Beta-mananasa, alfa-galactosidasa y celulosa**. Se observa que niveles del 2,5-5% de goma de garrofín proporcionan los mejores resultados productivos y la incorporación de la Beta-mananasa ofrece una respuesta altamente positiva. A nivel del control de la infección por *Salmonella enteritidis* los niveles altos de goma de garrofín (10%) presentan los mejores resultados. El óxido de cromo, el día de inoculación, así como la presencia de sepiolita no ejerce ningún efecto sobre los parámetros estudiados. Las gomas de garrofín y de guar despolimerizadas (a nivel del 0,01%) no presentaron ningún efecto estadístico significativo sobre los parámetros productivos, pero la goma de guar despolimerizada presentó una reducción de la contaminación por *Salmonella enteritidis*.

Vilcanqui, et al. (2018) evaluaron los efectos fisiológicos, la ganancia del peso corporal y la velocidad de tránsito intestinal incluyendo en la dieta el polvo de las HAA (hojas de agave americana) y el EST (endospermo de semilla de tara) como un suplemento natural en las ratas Holtzman. Esto permitió una investigación cuantitativa que empleó el Método AOAC para las variables fisiológicas y un análisis de varianza. Esto permitió llegar a la conclusión de que las dietas con 6% al 10% de EST que se suministraron a las ratas, reducen la ganancia del peso corporal de 37,0% hasta un 50,9%; mientras que las dietas con polvo HHA disminuía el tiempo del tránsito intestinal de 642 min a 532 min lo que significa una variación de 17,3%; no obstante, estos cambios no son significativos estadísticamente, así mismo se halló que respecto a la morfometría del tracto intestinal, no se observan cambios significativos con ningunas de las dietas utilizadas. Esto es de importancia para la investigación puesto que permite conocer la influencia de los HHA y el EST en el peso corporal y tránsito intestinal de las ratas.

En otro estudio, Zea et al. (2019) evaluó el efecto de cinco niveles de goma en tara en la

mineralización ósea y la morfometría intestinal en los pollos. Lo que generó una investigación cuantitativa, donde la dieta basal sin goma de tara y con goma de tara, y para las mediciones usaron la evaluación usada por de Oliveira et al. (2000). Esto permitió obtener las conclusiones siguientes: primero, la ganancia de peso fue mayor en los pollos que poseían una dieta con goma de tara (0,1%); segundo, la morfometría intestinal y la profundidad de cripta se vieron influenciadas de manera significativa por la goma de tara 0.1%; y tercero, en la morfometría ósea de la tibia, el colesterol y la glucosa no hubo influencia de la goma de tara. La importancia de este artículo radica en que permite conocer la influencia que posee la goma de tara sobre la ganancia de peso, la morfometría intestinal y la profundidad de cripta.

Se ha encontrado que la goma de guar disminuye la digestibilidad de lípidos y la concentración de sales conjugadas intestinales necesarias para la absorción de lípidos. En dicho estudio evaluaron el efecto de la adición de goma de guar a nivel de 0.5% en dos tipos de pollos de carne seleccionados especialmente: un grupo libre de gérmenes (microbiota) en el intestino delgado y otros pollos convencionales con microbiota intacta. En el estudio, la concentración de sales biliares disminuyó por efecto de la goma de guar en ambos casos, provocando una disminución en la digestibilidad de lípidos. Este efecto de la goma de guar sobre las sales biliares se debería a la viscosidad que presenta la goma de guar, la cual a su vez reduce la eficiencia de las sales biliares intestinales para la digestión de los lípidos, así como su reabsorción y en menor medida a la desconjugación de la bilis por incremento del microbiota intestinal. En el mismo estudio se observó una incrementada actividad microbiana en el intestino delgado provocado por la viscosidad de la digestión apoyada en la observación de una alta proporción de componentes no conjugados de sales biliares totales en el intestino delgado de pollos con microbiota intestinal intacta y suplementados con goma de guar. Por otro lado, la adición de goma de guar (0.5%) incrementó la concentración de ácido láctico en el intestino delgado y disminuyó la concentración de ácidos grasos volátiles (Maisonnier et al., 2003)

En relación a la digestibilidad de lactosa, Carré et al. (1995) encontraron que la goma de guar tiene un efecto negativo sobre la digestibilidad de la lactosa provocando un incremento de la concentración de ácido láctico y en su excreción. Esto demostraría el efecto de las gomas en incrementar bacterias de tipo gran positivo tales como los *Lactobacillus spp* en

relación a las bacterias de tipo gram negativo como *Salmonella spp*, en el intestino delgado. Este incremento de *Lactobacillus spp* traería como consecuencia una saturación en la fermentación de lactosa en el ciego de aves jóvenes. Al respecto, Owasu-Asiedu et al. (2006), en un trabajo realizado en cerdos, encontraron que la goma de guar a un nivel de 7% incrementa la población de lactobacillus, bifidobacterias y clostridios en mayor medida de cerdos alimentados con celulosa donde no hubo efecto sobre lactobacillus y clostridius.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y duración

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA) de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). La preparación de las dietas se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados perteneciente al Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. El periodo experimental fue de 21 días.

3.2. Animales experimentales

Se utilizaron 96 pollitos BB machos de la línea Cobb 500 de un día de edad distribuidos en 3 tratamientos con cuatro repeticiones y ocho pollos por repetición; haciendo un total de 12 unidades experimentales.

3.3. Instalaciones y equipos

Las aves se alojaron en 12 corrales en el piso cubierto con viruta como material de cama. Cada unidad experimental contó con comederos de plástico tipo tolva, bebederos BB, foco de 50 watts, criadora a gas para suministrar calor, tela arpillera de polipropileno color blanca para las cortinas y termómetro digital. También se utilizó alambre galvanizado N° 16, cilindros de agua, balde y rastrillo.

Para la etapa de obtención de muestras y sacrificio de las aves se empleó una balanza, frascos para colocar muestras y tijeras.

3.4. Manejo sanitario

El manejo sanitario de las aves se inició una semana antes de la llegada de. Se realizó una limpieza y desinfección de toda la sala experimental, así como de todo el equipo necesario. Se colocó un pediluvio con cal viva en la entrada de la sala. Para lavar y desinfectar los equipos se utilizó *glutaraldehído* de nombre comercial GLUTALTEK y para desinfectar el

ambiente se usó VIRKONS con capacidad bactericida, fungicida y viricida.

3.5. Alimentación

El alimento (en harina) y agua fueron suministrados a libre disposición del animal (ad libitum). Durante las 3 semanas de crianza se suministró dietas inicio y crecimiento, del día 1-10 y 11-21, respectivamente para ambos tratamientos.

3.6. Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos que se detallan a continuación:

Tratamiento 1: Dieta Control

Tratamiento 2: Dieta con Goma de Tara (0.1%)

Tratamiento 3: Dieta con Goma de Guar (0.1%)

La composición y valor nutritivo calculado de las dietas experimentales se presentaron en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas de Inicio (1 – 10 días)

Ingredientes (%)	Tratamientos ¹		
	T1	T2	T3
Maíz	55.80	55.61	55.61
Torta de soya	36.80	33.83	33.83
Aceite de soya	3.41	3.48	3.48
Fosfato dicálcico	1.71	1.71	1.71
Carbonato de calcio	0.98	0.98	0.98
Sal común	0.47	0.47	0.47
DL Metionina	0.27	0.27	0.27
Treonina	0.04	0.04	0.04
Premezcla vitaminas + minerales	0.10	0.10	0.10
Cloruro de colina 60	0.10	0.10	0.10
Adsorbente de micotoxinas	0.10	0.10	0.10
HCl Lisina	0.09	0.15	0.15
Antioxidante	0.02	0.02	0.02
Antibiótico	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05
Goma de tara	0.00	0.10	0.00
Goma de guar	0.00	0.00	0.10
Valor Nutricional (Calculado)			
Energía metabolizable, kcal kg ⁻¹	3007	3007	3007
Proteína bruta, %	21.5	21.5	21.5
Fibra cruda, %	2.89	2.89	2.89
Calcio, %	0.90	0.90	0.90
Fósforo disponible, %	0.45	0.45	0.45
Lisina disponible, %	1.18	1.18	1.18
Metionina disponible, %	0.58	0.58	0.58
Met + Cis disponible, %	0.88	0.88	0.88
Treonina disponible, %	0.77	0.77	0.77
Triptófano disponible, %	0.23	0.23	0.23
Sodio, %	0.20	0.20	0.20

Nota: T1: dieta control, T2: dieta basal con goma de tara (0.10%), T3: dieta basal con goma de guar (0.10%)

Tabla 2: Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas de Crecimiento (11 - 21 días)

Ingredientes (%)	Tratamientos ¹		
	T1	T2	T3
Maíz	60.85	60.65	60.65
Torta de soya	31.66	31.69	31.69
Aceite de soya	3.71	3.77	3.77
Fosfato dicálcico	1.60	1.60	1.60
Carbonato de calcio	0.93	0.93	0.93
Sal común	0.47	0.47	0.47
DL Metionina	0.24	0.24	0.24
Treonina	0.03	0.03	0.03
Premezcla vitaminas + minerales	0.10	0.10	0.10
Cloruro de colina 60	0.10	0.10	0.10
Adsorbente de micotoxinas	0.10	0.10	0.10
HCl Lisina	0.09	0.15	0.15
Antioxidante	0.02	0.02	0.02
Antibiótico	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05
Goma de tara	0.00	0.10	0.00
Goma de guar	0.00	0.00	0.10
Valor Nutricional (Calculado)			
Energía metabolizable, kcal kg ⁻¹	3086	3086	3086
Proteína bruta, %	19.5	19.5	19.5
Fibra cruda, %	2.71	2.81	2.81
Calcio, %	0.84	0.84	0.84
Fósforo disponible, %	0.42	0.42	0.42
Lisina disponible, %	1.05	1.05	1.05
Metionina disponible, %	0.52	0.52	0.52
Met + Cis disponible, %	0.80	0.80	0.80
Treonina disponible, %	0.69	0.69	0.69
Triptófano disponible, %	0.21	0.21	0.21
Sodio, %	0.20	0.20	0.20

Nota: T1: dieta control, T2: dieta basal con goma de tara (0.10%), T3: dieta basal con goma de guar (0.10%)

3.7. Parámetros evaluados

3.7.1. Peso vivo

Los pesos de las aves fueron tomados a las 24 horas de nacidos, posteriormente el control de los pesos se llevó a cabo semanalmente en forma individual.

3.7.2. Ganancia de peso (GDP)

Para obtener ganancia de peso se registró el ‘peso vivo semanal’ de los pollos, y mediante la diferencia de la semana actual (peso final) y la semana anterior (peso inicial) se determinó la ganancia de peso semanal del pollo.

$$\text{Ganancia de peso (g/pollo en 21 días)} = \text{Peso final (g)} - \text{Peso Inicial (g)}$$

3.7.3. Consumo diario de alimento

El consumo diario de alimento se obtuvo por diferencia entre la cantidad del alimento suministrado y el residuo en el comedero al final de la semana.

$$\text{CDA (g)} = \frac{\text{Peso de alimento suministrado} - \text{Residuo registrado}}{(\text{N}^{\circ} \text{ animales}) (7\text{días})}$$

3.7.4. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia se obtuvo de la relación consumo de alimento a los 21 días entre la ganancia de peso. Para el cálculo de la conversión alimenticia (C.A.) se emplearon las siguientes fórmulas:

$$\text{C.A. del período} = \frac{\text{Consumo de alimento del período}}{\text{Ganancia de peso del período}}$$

$$\text{C.A. total} = \frac{\text{Consumo de alimento total}}{\text{Peso vivo}}$$

3.8. Indicadores de morfometría intestinal

El día 21 inmediatamente después del beneficio de los animales se procedió a realizar la limpieza de los intestinos y posterior corte de 2 cm de yeyuno, considerando que este corte se realizó 10 cm a partir del divertículo. Estos tejidos se colocaron en formol al 40% y pasadas 48 horas de la colección las muestras fueron enviadas al laboratorio para su fijación en placas. Estos cortes fueron micro-diseccionados para determinar el promedio de la altura y ancho de las vellosidades intestinales, así como la profundidad y ancho de las criptas adyacentes. Los cortes histológicos fueron evaluados mediante el procesamiento de imágenes digitales computarizadas.

Las variables morfométricas a evaluar en cada corte histológico fueron:

a. Altura de vellosidad

Se seleccionaron vellosidades íntegras y perpendiculares a la pared intestinal. El promedio de las alturas de vellosidades de las 8 láminas histológicas (2 por cada repetición), fue el promedio de la altura de vellosidades de cada tratamiento.

b. Grosor de vellosidad

El grosor de las vellosidades fue medido en el punto medio de la vellosidad de cada lámina. El promedio del grosor de vellosidad de las 8 láminas histológicas (2 por cada repetición), fue el promedio del grosor de vellosidad de cada tratamiento.

c. Profundidad de cripta

Se midieron las profundidades de criptas comprendidas entre las vellosidades seleccionadas para la medición de la altura de vellosidad, en cada lámina histológica. El promedio de la profundidad de cripta de las láminas histológicas fue el promedio de la profundidad de cripta de cada tratamiento.

d. Relación entre la altura de vellosidad y la profundidad de cripta

Esta relación resultó de la división del promedio de la altura de vellosidad y el promedio de la profundidad de cripta de cada lámina histológica de unidad experimental.

$$\text{Relación} = \frac{\text{Altura de vellosidad intestinal}}{\text{Profundidad de cripta intestinal}}$$

e. Área de vellosidad

El área de la vellosidad fue hallada asumiendo que la vellosidad tiene una forma cilíndrica, siguiendo el protocolo de evaluación usado por Zhang et al., (2005), citado por Eusebio (2007). Se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Área de vellosidad} = \pi \times \text{altura de la vellosidad}^* \times \text{grosor de la vellosidad}^*$$

(* Promedio de medición de cada lámina histológica o unidad experimental).

3.9. Análisis de datos

Se empleó el Diseño Completo al Azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se usó el análisis de varianza aplicando el procedimiento del programa MINITAB y para la diferencia de medias se empleó la prueba de Tukey. El Modelo Aditivo Lineal General aplicado fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta

μ : Media general

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento

e_{ij} : error experimental en la unidad j del tratamiento i

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros productivos

En la Tabla 3 se muestran los efectos de la goma de tara al 0.1% y goma de guar al 0.1% sobre los parámetros productivos de pollos de carne a los 21 días de edad.

El peso vivo final, la ganancia de peso día y el consumo de alimento día no fueron afectados significativamente ($p > 0.05$) por las dietas con goma de tara y goma de guar que corresponden al T2 y T3 respectivamente. En lo que respecta al análisis de la conversión alimenticia se halló que el T3 produjo una mayor conversión (menor eficiencia) a los 21 días mostrando diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) con respecto a la dieta control, mientras que el T2 fue similar a la dieta control. Estos resultados concuerdan con los de Brufau et al. (2015) quienes, utilizando β -galactomananos provenientes de la Goma de Duraio, Goma de Cassia en 1g/kg (0.1%) en pollos desafiados con *Salmonella enterica serovar enteritidis*, no encontraron diferencia significativa en el peso vivo y ganancia de peso diario a los 23 días de edad entre los tratamientos control y los tratamientos que utilizaron las fuentes de β -galactomananos.

En los resultados obtenidos en el actual experimento, se puede demostrar que la goma de guar al 0.10% afecta significativamente la conversión alimenticia de los pollos de carne. Al respecto, Maisonnier et al. (2003) encontraron que alimentando a pollos con goma de guar (0.5%) hubo una disminución en el peso y la ganancia de peso de 7 a 21 días.

Tabla 3: Comportamiento productivo de pollos de carne alimentados con dietas experimentales

	T1	T2	T3	p-value
Peso vivo final, g/ave	768.1±44.3a	711.1±46.5a	719.4±44.8a	0.212
Ganancia de peso, g/día	34.4±2.1a	31.7±2.2a	32.1±2.1a	0.212
Consumo de alimento, g/día	44.4±0.9a	43.1±3.5a	45.2±3.6a	0.607
Conversión Alimenticia, g/g	1.29±0.06 b	1.36±0.03 ab	1.41±0.06 a	0.037

Nota: T1, dieta basal sin goma de tara ni goma de guar (control); T2 dieta basal con goma de tara al 0.10% y T3 dieta basal con goma de guar al 0.10%.

Promedio ± desviación estándar de 4 repeticiones de 8 aves por repetición

4.2. Morfometría intestinal

En la Tabla 4, se observa el resultado de los parámetros de morfometría intestinal. La altura, el ancho, área de vellosidades, profundidad de cripta y relación entre altura y profundidad de cripta no presentan diferencia estadística significativa ($p>0.05$).

La altura de vellosidad no presentó diferencia estadística entre tratamientos. Sin embargo, se observa que el T2 tuvo la mejor tendencia y la menor desviación estándar, al respecto se asocia vellosidades más cortas (T1) con la presencia de toxinas, un acortamiento de las vellosidades disminuye el área de absorción de nutrientes. Cook y Bird (1973) reportaron vellosidades más cortas y criptas más profundas cuando el recuento de bacterias patógenas se incrementa en el tracto gastrointestinal, la cual resulta en menos absorción y más células secretoras (Schneider et al., 2006).

El ancho de vellosidad no presenta diferencia estadística significativa ($p>0.05$) entre tratamientos. Esto es adecuado, dado que estaría indicando que la vellosidad no ha sido sometida a procesos de hiperplasia, que se dan en presencia de procesos inflamatorios (Smith et al., 1980). Al respecto Smith et al. (1980) señalan que varias enfermedades de mala absorción están relacionadas a cambio en la estructura de las vellosidades con aumento del ancho de las vellosidades, aplanamiento de la superficie de la mucosa o pérdida del patrón de las vellosidades

Tabla 4: Morfometría intestinal promedio de cada tratamiento (día 21)

	T1	T2	T3	p-value
Altura, μm	1081.46 \pm 142.3a	1183.9 \pm 29.6a	1102.5 \pm 135.3a	0.444
Ancho; μm	156.8 \pm 22.99a	140.7 \pm 0.97a	160 \pm 9.76a	0.184
Profundidad de Cripta, μm	145 \pm 9.9a	137.9 \pm 12.3a	155.3 \pm 11.76a	0.149
Área, μm^2	182572a	141527a	146839a	0.415
Relación altura / profundidad de cripta	8 \pm 1.38a	8.9 \pm 0.79a	7.5 \pm 0.84a	0.209

Nota: T1, dieta basal sin goma de tara ni goma de guar (control); T2 dieta basal con goma de tara al 0.10% y T3 dieta basal con goma de guar al 0.10%.

Promedio \pm desviación estándar de 4 repeticiones de 8 aves por repetición

La profundidad de cripta no presentó diferencia significativa. La menor profundidad la obtuvo T2 (0.10% goma de tara) siendo diferente al T1 y T3. De acuerdo a los resultados, el nivel de 0.10% de goma de tara presentó una tendencia favorable sobre la profundidad de cripta manteniéndola corta. Estos resultados de profundidad de cripta corta en pollos alimentados con aditivos coinciden con Pelicano et al. (2005).

La menor profundidad de cripta es una característica deseada en relación a la producción animal (Imondi y Bird, 1966; Potten, 1998). Criptas más profundas indican una rápida rotación del tejido para renovar vellosidades, la cual se da en respuesta a procesos de inflamación debidos a patógenos o sus toxinas (Yason et al., 1987; Anonymous, 1999). De esta forma, un acortamiento de las vellosidades y criptas profundas puede llevar a una mala absorción de nutrientes, un aumento de la secreción en el tracto gastrointestinal y un menor rendimiento (Xu et al., 2003).

En cuanto a la relación altura/profundidad no se hallaron diferencias estadísticas significativas en las dietas, pero los resultados dejan ver una mayor relación en el T2 en comparación al T1 y T3, en un estudio diferente al presente se halló promedios bajos en pollos desafiados con *C. perfringens* y estuvieron relacionados con pobre crecimiento y depresión de consumo Choct (2009).

Éstos resultados pueden asociarse con la investigación realizada por Vilcanqui et al.(2018), quien al estudiar los efectos de la goma de tara sobre la dieta de ratas obtuvo que la alimentación que incluye goma de tara no tiene efectos significativos sobre cambios de la morfometría del tracto intestinal, a diferencia del estudio realizado por Zea et al. (2019), que da cuenta de efectos significativos sobre la morfometría intestinal de pollo de carne al emplear en la dieta goma de tara 0.1%.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo de investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

1. El peso final, la ganancia de peso y el consumo de alimento evaluados hasta los 21 días no fueron influenciados significativamente por los tratamientos con goma de tara y goma de guar.
2. La conversión alimenticia fue significativamente mayor con la dieta con goma de guar al 0.10% (T3).
3. Los tratamientos no tuvieron influencia significativa sobre la morfometría intestinal.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones expuestas se recomienda lo siguiente:

1. Realizar pruebas que incluyan goma de guar a distintos niveles.
2. Realizar investigaciones de salud intestinal utilizando goma de tara y goma de guar en las dietas.
3. Realizar investigaciones de inclusión de goma de tara y goma de guar en las dietas durante todo el periodo de engorde hasta lograr el peso de mercado (\approx 1-42 días).

VII. BIBLIOGRAFÍA

ANITA, F.P.; ABRAHAM, P. (1997). Clinical Dietetics and Nutritions. Delhi Oxford University Press, Calcutta, pp 73-77.

ANONYMOUS. (2001). The definition of dietary fibre. Cereal Foods World 46, 112-126.

AO, Z.; CHOCT, M.; KOCHER, A. (2008). Effects of dietary additives and early feeding on the performance, gut development and immune status of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. British Poultry Science (submitted).

ÁVILA, D.; NIÑO, Á.; PARRA, A.; RODRÍGUEZ, P.; TARAZONA, J. & TORRES, G. (2018). Descripción morfométrica de las vellosidades intestinales en bovinos. Cultura Científica, 56-60.

BADIA, R.; BRUFAU, M.T.; GUERRERO-ZAMORA, A.M.; LIZARDO, R.; DOBRESCU, I.; MARTIN-VENEGAS, R.; FERRER, R.; SALMON, H.; MARTINEZ, P.; BRUFAU, J. (2012). *Galactomannan* and *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* modulate the immune response against *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* in porcine intestinal epithelial and dendritic cells. Clin. Vaccine Immunol, 19:368-376.

BATISTA DE OLIVEIRA, P.; MURAKAMI, A.E.; DE MORAES GARCÍA, E.R.; MACARI, M; SCAPINELLO, C. (2000). Influence of antinutritional factors of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* and *Leucaena cunningan*) and Pigeous Bean (*Cajanus cajan*) on the intestinal epithelium and performance of broiler chickens. Rev Bras Zootec 29: 1759-1769.

- BAUMEL, J.J.; WITMER, L.M.; OSTEOLÓGÍA. IN: BAUMEL, JJ; KING, AS; BREAZILE, JE; EVANS, HE; VANDEN BERGE, JC. (1993). Handbook of Avian Anatomy. Nomina anatomica avium. Second Edition. Publication N23 of the utall Ornithological Club, Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Massachussetts, USA.
- BEDFORD, M.R. (1996). Interaction between ingested feed and the digestive system in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*. 5: 86–95
- BRUFAU, M.T.; MARTÍN-VENEGAS, R.; GUERRERO-ZAMORA, A.M.; PÉREZ-VENDRELL, A.M.; VILÄ, B.; BRUFAU, J.; FERRER, R. (2015). Dietary β -galactomananos have benefical effects on the intestinal morphology of chickens challenged with *Salmonella enterica serovar Enteritidis*. *J. Anima. Sci.* 93:238-246.
- CASHMAN, K. (2003). Prebiotics and calcium bioavakability. *Curr. Issues intest. Microbiol.* 4: 21-32.
- CANTÓN, A.; FERNÁNDEZ, M.; LUGO, G.; MARTÍNEZ, M.; PALMEIRO, R.; PITA, F. & TEJERA, C. (2016). Utilidad en la clínica de la goma guar parcialmente hidrolizada: revisión de la evidencia y experiencia. *Nutrición Hospitalaria*, 34(1), 216-223.
- CARICILLI, A.M.; SAAD, M.J.A. (2014). Gut microbiota composition and its effects on obesity and insulin resistance. *Curr. Opin Clin Nutr Metab Care*. 17: 312-318.
- CARRE, B.; FLORES, M.P.; GOMEZ, J. (1995). Effects of pelleting, lactose level, polyethylene glycol 4000, and guar gum compared to pectin on growth performances, energy values and losses of lactose, lactic acid, and wáter in chickens. *Poultry Science*. 74: 1810-1819.
- CASTAÑEDA, A.; GONZÁLEZ, L.; GRANADOS, M. & CHÁVEZ, U. (2019). Goma

Guar: Un Aliado en la Industria Alimentaria. PADI, 7(14), 107-11.

CHENG, H.; LEBLOND, C.P. (1974). Origin, differentiations and renewal of the four main epithelial cell types in the mouse small intestine. 1: columnar cell. American Journal of Anatomy 141, 461-479.

CHENG, Y.; PRUD'HOMME. (2000). Enzymatic degradation of guar and substituted guar galactomannans. Biomacromolecules. 1: 782-788.

CHOCT, M. (2009). Managing gut health through nutrition. British Poultry Science. 50: 9-15. Doi:10-1080/00071660802538632.

COOK, R.H.; BIRD, F.H. (1973). Duodenal villus area and epithelial cellular migration in conventional and germ-free chicks. Poultry Science, 52: 2276-2280.

DHINGRA, D.; MICHAEL, M.; RAJPUT, M.; PATIL, R.T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. J Food Sci Technol. 49(3):255-266

EUSEBIO, P. (2007). Evaluación de la suplementación de extracto de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la dieta de pre-inicio sobre el comportamiento productivo y la morfometría intestinal en pollos de carne. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria la Molina.

FONTAINE, N.; MESLIN, J.C.; LORY, S.; ANDRIEUX, C. (1996). Intestinal mucin distribution in the germ-free rat and in hateroxemic rat harbouring a human bacterial flora-effect of inulin in the diet. Br. J. Nutr. 75: 881-892.

FORSTNER, J.F.; FORSTNER, G.G. (1994). Gastrointestinal mucus. In: Johnson, L.R. (ed) Physiology of the Gastrointestinal Tract, 3er edn. Raven Press, New York, pp. 1255-1284.

FORSTNER, J.F.; OLIVER, M.G.; SYLVERTER, F.A. (1995). Production, structure and

biologic relevance of gastrointestinal mucins. In: Blaser, M.J., Smith, P.D., Ravdin, J.I., Greenberd, H.B. and Guerrant, R.L. (eds) *Infections of the Gastrointestinal Tract*, Reven Press, New York, pp. 7-88.

GEYRA, A.; UNI, Z.; SKLAN, D. (2001). Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chick. *Poultry Science* 80, 776-782.

GIBSON, G.R.; RASTALL, R.A. (2006). *Prebiotics: Development and Application*. John Wiley and Sons, Ltd. England

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microflora introducing the concepts of probiotics. *Journal of Nutrition* 125: 1401-1412.

GIBSON, G.R.; SCOTT, K.P.; RASTALL, R.A.; TUOHY, K.M.; HOTCHKISS, A.; DUBERT-FERRANDON, A.; GAREAU, M.; MURPHY, E.F.; SAULNIER, D.; LOH, G.; MACFARLANE, S.; DELZENNE, N.; RINGEL, Y.; KOZIANOWSKI, G.; DICKMANN, R.; LENOIR-WIJNKOOP, I.; WALKER, C.; BUDDINGTO, R. (2010). Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods* 7 (1) 1-19. doi: 10.1616/1476-2137.15880.

GUILLON, F.; CHAMP, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int* 33: 233-245.

HA, M-A.; JARVIS, M.C.; MANN, J.L. (2000). A definition for dietary fibre. *European Journal of Clinical Nutrition*. 54: 861-864.

JARAMILLO, N. (2014). *Morfometría geométrica: principios teóricos y métodos de empleo*. ResearchGate, 1-23.

JENKINS, D.J.A.; WOLEVER, T.M.S.; LEEDS, A.R.; GASSULL, M.A.; HAISMAN, P.;

DILAWARI, J.; GOOF, D.V.; META, G.L.; ALBERT, K.G.M.M. (1978). Dietary fibres, fibre analogues and glucose tolerance importance of viscosity. Br Med J 1: 1392-1394.

MACFARLANE, S.; MACFARLANE, G.T.; CUMMINGS. (2006). Review article. Prebiotics in the gastrointestinal tract. Aliment Pharmacol Ther 24: 701-714

MAISONNIER, S.; GOMEZ, J.; BREE, A.; BERRI, C.; BAÉZA, E.; CARRÉ. B. (2003). Effects of microflora status, dietary bile salts and guar gum on lipid digestability, intestinal bile salts, and histomorphology in broiler chickens. Poultry Science. 82: 805-814.

MATEOS, G.; JIMENEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.; LAZARO, R. (2012). Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. The Journal of Applied Poultry Research. 1(21): 156-174. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>.

MATHUR, N.K. (2012). Industrial galactomannan polysaccharides. CRC Press Taylor & Francis Group.

MICHARD, J. (2011). Dietary fiber, the forgotten nutrient. Hubbard Technical Bulletin. Retrieved 24th.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. Animal Feed Science and Technology. 108: 95-117.

MORALES, R. (2007). Las paredes celulares de levadura de *Saccharomyces cerevisiae*: un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y salud del pollo de engorde (tesis M. Sc.). Departament de Ciències Animals I Dels Aliments. Universidad Autònoma

de Barcelona.

NIETO, M.B. (2009). Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings Edible films and coatings for food applications, Springer pp. 57-112

OLIVA, M.; ALFARO, C. & PALAPE, I. (2010). Evaluación del potencial tecnológico de galactomananos del endospermo de semillas de *Prosopis* sp. para el uso en la industria de alimentos. 27(2), 107-113.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J.F.; LAARVELD, B.; VAN, KESSEL, A.G.;
SIMMINS, P.H.; ZIGLSTRA, R.T. (2006). Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 843-852.

PERRY, G.C. (2006). Avian gut function in health and disease. Poultry Science Symposium Series Volume Twenty-eight. CABI. 384 Pages.

PUENTE, J.; CARCELÉN, F.; ARA, M.; BEZADA, S.; HUAMÁN, A.; SANTILLÁN, G.;
ASENCIOS, A. (2019). Efecto de la suplementación con niveles crecientes de probióticos sobre la histomorfometría del intestino delgado del cuy (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú*, 30(2), 624-633.

RICHARDSON, P.H.; WILLMER, J.; FOSTER, T.J. (1998). Dilute solution properties of guar and locust bean gum in sucrose solutions. *Food Hydrocolloids*, 12 (3), pp. 339-348.

RODRIGUEZ, F.C.; BARBOSA, A.S.; RODRIGUES, V.C.; FERNAMDEZ, S.A.;
FILOMENO, E.A.; TOLEDO DE OLIVEIRA, T.; DUARTE, H.S.; DE LUCES
FORTES, C.L. (2012). Yacon Flour and *Bifidobacterium longum* modulate bone health in rats. *Journal of Medicinal Food*. 15(7): 664-670.

SAVAFE, T.F.; ZAKRZEWSKA, E.I.; ANDREASEN, J.R.J. (1997). The effect of feeding

mannan oligosaccharide supplemented diets to poult on performance and the morphology of the small intestine. *Poultry Science*. 76: 139 (Abstract).

SCANES, C.G. (2014). *Sturkie's avian physiology*. Academy Press. 6ta Edicion. 1056pp.

SHARMA, R.; SCHUMACHER, U. (1995). Morphometric analysis of intestinal mucus under different dietary conditions and gut flora in rats. *Digest. Dis. Sci.* 40: 2532-2539.

SCHNEIDER, S.M.; GIRARD-PIPAU, F.; ANTY, R.; VAN DER LINDE, E.G.M.; PHILIPSEN-GEERLING, B.J.; KNOL, J.; FILIPPI, J.; ARAB, K.; HÉBUTERNE, X. (2006). Effect of total enteral nutrition supplemented with a multi-fibre mix on faecal short-chain fatty acids and microbiota. *Clin. Nutr.* 25:82-90.

SILVA, C.; TORRES, M.D.; CHENLO, F. & MOREIRA, R. (2017). Rheology of aqueous mixtures of tragacanth and guar gums: Effects of temperature and polymer ratio, *Food Hydrocolloids*, 10.1016/j.foodhyd.2017.02.018, 69, (293-300).

SICCHA, A.; LOCK DE UGAZ, O. (1992). Hidrocoloides. *Revista Química*. 6 (2): 171-180.

UNI, Z.; NOY, Y.; SKLAN, D. (1995). Posthatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy-and light-strain chicks. *Poultry Science* 74, 1622-1629.

UNI, Z.; PLATIN, R.; SKLAN, D. (1998). Cell proliferation in chicken intestinal epithelium occurs both in the crypt and along the villus. *Journal of Comparative Physiology (B)* 168, 24-247.

VAN LEEUWEN, P.; MOUWEN, J.M.V.M.; VAN DER KLIS, J. D. & VERSTEGEN, M.W.A. (2004). Morphology of the small intestinal mucosal surface of broilers in relation to age, diet formulation, small intestinal microflora and performance. *Brit. Poult. Sci.* 45: 41-48.

- VILCANQUI, F.; VILLANUEVA, M. & VÍLCHEZ, C. (2018). Efecto del endospermo de semilla de tara y polvo de hojas de agave americana en el peso corporal y velocidad de tránsito intestinal en ratas. 35(2), 214-220.
- VILLANUEVA, C. (2007). La Tara el oro verde de los Incas para el mundo. Ediciones AGRUM. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 163 pp.
- WU, Y.; DING, W.; JIA, L.; HE, Q. (2015). The reological properties of tara gum (*Caesalpinia spinosa*). Food Chemistry 168: 306-371.
- XU, Z.R.; HU, C.H.; XIA, M.S.; ZHAN, X.A.; WANG, M.Q. (2003). Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. Poultry Science. 82: 1030-1036.
- YEGANI, M.; YEGANI, M. & KORVER, D. (2010). Manipulación de la microflora intestinal de las aves. Industria avícola 5 (57): 23-25.
- ZHANG, A.W.; LEE, B.D.; LEE, S.K.; LEE, K.W.; A.N., G.H.; SONG, K.B.; LEE, CH. (2005). Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. Poultry Science 84:1015–1021.
- ZEA, O.; HUARINGA, D.; JIMÉNEZ, L.; PÉREZ, J.; SERRANO, J.; MEZA, I.; VÍLCHEZ, C. (2019). Efecto de cinco niveles de goma de tara sobre el comportamiento productivo, mineralización ósea y morfometría intestinal en pollos de carne. 30(2), 663-675.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Resumen parámetros productivos con repeticiones

Parámetros	T-1				T-2				T-3				P
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
Peso inicial gr	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
Peso 7 días gr	169.3	172.5	160.6	166.5	167.1	164.9	158.5	168.1	169.5	167.3	167.9	162.7	0.661
Peso 14 días gr	412.3	415.3	384.5	402.8	412.4	402.1	363.8	390.4	395.3	378.5	404.6	379.9	0.456
Peso 21 días gr	798.4	813.4	725.4	735.1	750.9	718.5	644.4	730.8	705.4	708.1	783.9	680.1	0.212
Gan. Peso 21d gr	753.9	768.6	680.8	690.5	706.3	673.9	599.9	686.1	660.6	663.6	739.3	635.6	0.212
Cons. 21d gr	940.8	948.5	933.4	906	939.6	920.4	796.4	961.9	956.3	962.9	1032.1	846.9	0.607
C.A.21d	1.2	1.2	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	0.037

Anexo 2: Requerimientos nutricionales Cobb 500

Nutriente	Inicio (%)	Crecimiento (%)
Proteína bruta	21-22	19-20
Em aves Kcal/kg	3035	3108
Lisina Total	1.32	1.19
Metionina Total	0.50	0.48
Met-cist Total	0.98	0.89
Triptofano Total	0.2	0.19
Treonina Total	0.86	0.78
Arginina Total	1.38	1.25
valina Total	1.00	0.91
Calcio Total	0.90	0.84
Fosforo disponible	0.45	0.42
Sodio	0.16-0.23	0.16-0.23
Cloruro	0.17-0.35	0.16-0.35
Potasio	0.60-0.95	0.60-0.85
Acido linoleico	1.0	1.0

FUENTE: Cobb, 2012.