

**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**

**EXTRACTOS COMERCIALES DE TOMILLO (*Thymus vulgaris*) Y DE
SEMILLAS DE *Ceratonia siliqua* EN LA DIETA DE POLLOS DE CARNE**

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERA ZOOTECNISTA

por

LAURITA DE LAS NIEVES NIQUÉN GÓMEZ

Lambayeque

PERÚ

2017

Extractos comerciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y de semillas de *Ceratonia siliqua* en la dieta de pollos de carne

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERA ZOOTECNISTA

por

LAURITA DE LAS NIEVES NIQUÉN GÓMEZ

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, M. Sc. -----
Presidente

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. C. -----
Secretario

Ing. Benito Bautista Espinoza -----
Vocal

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C. -----
Patrocinador

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis:

A Dios, por sus bendiciones en todo momento de mi vida.

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional que me permitió lograr la hermosa profesión de Ingeniería Zootecnia.

A mi hijo YARED, porque fue, es y será el motor y motivo para salir adelante en todo momento de mi vida.

Laurita de las Nieves Niquén Gómez

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más grande agradecimiento a todas las personas, familiares y amigos, que hicieron posible la ejecución del presente trabajo de investigación que se presentó como la tesis para titularme de Ingeniera Zootecnista.

Especial mención merece mi patrocinador, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C.; por la acertada dirección de la investigación y la minuciosidad en la revisión del documento final.

A la empresa peruana PHARTEC SAC, por brindarme el producto comercial que fue utilizado como proveedor de fitobióticos en la investigación.

Al personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, por la formación profesional y las facilidades que me prestaron durante mi vida universitaria.

INDICE

Nº Capítulo	Título del Capítulo	Nº Pág.
I	INTRODUCCIÓN	01
II	REVISIÓN DE LITERATURA	03
	2.1. Nutraceuticos	03
	2.2. El tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	05
	2.3. El algarrobo (<i>Ceratonia siliqua</i>)	08
	2.4. La acción nutraceutica	14
III	MATERIAL Y MÉTODOS	25
	3.1. Localización y Duración	25
	3.2. Tratamientos evaluados	26
	3.3. Material y Equipo experimentales	26
	3.3.1. Pollos	26
	3.3.2. Alimentos	26
	3.3.3. Instalaciones y Equipo	27
	3.4. Metodología experimental	28
	3.4.1. Diseño de contrastación de las hipótesis	28
	3.4.2. Técnicas experimentales	28
	3.4.3. Variables evaluadas	30
	3.4.4. Evaluación estadística	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
	4.1. Peso e Incremento de peso vivo	32
	4.2. Conversión alimenticia	34
	4.3. Mérito económico	38
	4.4. Grado de aceptación de la carne	40
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
VI.	RESUMEN	46
VII.	BIBLIOGRAFÍA CITADA	47
VIII.	APÉNDICE	52

ÍNDICE DE CUADROS

N° Cuadro	Título del Cuadro	N° Pág.
3.1.	Composición (%) de la ración testigo para pollos de carne	27
3.2.	Esquema del análisis de la varianza del diseño completamente al azar	30
4.1.	Peso vivo e incrementos de peso vivo de pollos Cobb 500 alimentados con una dieta suplementada con un producto comercial de extractos de tomillo y algarrobo europeo	32
4.2.	Conversión alimenticia (CA) de pollos de carne que recibieron un suplemento comercial de tomillo y algarrobo europeo en la dieta	34
4.3.	Mérito económico (ME) de pollos de carne alimentados con una dieta que incluyó un producto comercial con tomillo y algarrobo europeo	38
4.4.	Grado de aceptación (%) de la carne de pollos que recibieron un producto comercial a base de tomillo y algarrobo europeo en la dieta	40
8.1.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales	52
8.2.	Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos finales	52
8.3.	Análisis de la varianza con los pesos finales (información corregida logarítmicamente debido a la heterogeneidad de las varianzas)	52
8.4.	Análisis de covarianza entre peso inicial (X) y pesos finales (Y) (transformados logarítmicamente)	53
8.5.	Prueba de chi-cuadrado sin hipótesis a priori para el grado de aceptación de la carne	53

ÍNDICE DE FIGURAS

N° Figura	Título de la Figura	N° Pág.
2.1.	Localizaciones y mecanismos en la célula bacteriana que se consideran lugares de acción para los componentes de los AE: degradación de la pared celular; daño a la membrana citoplasmática; daño a las proteínas de la membrana; fuga de contenidos celulares; coagulación de citoplasma; y agotamiento de la fuerza motriz de protones	15
2.2.	Efectividad de varios antioxidantes en el cuerpo humano en la neutralización de radicales libres (SOD: súper óxido dismutasa)	19
3.1.	Vista satelital de la ciudad de Lambayeque y ubicación del lugar experimental	25
4.1.	Comparativo porcentual entre tratamientos para peso vivo final	33
4.2.	Comparativo porcentual entre tratamientos para C. A.	35
4.3.	Comparativo porcentual entre tratamientos para ME	39

I. INTRODUCCIÓN

La producción avícola, cada vez más, se encamina hacia la obtención de productos orgánicos y seguros para la salud de los consumidores; dentro de este concepto ya no es sostenible la utilización de antibióticos promotores del crecimiento (APC); aun cuando con ellos se llegó a la obtención de producciones tan elevadas como nunca antes se había visto. Dejar de emplearlos implica determinar una alternativa que permita sostener tales producciones.

Son diferentes los motivos por los que el empleo de los APC ya no son sostenibles; el principal se centra en el incremento de la antibiótico-resistencia y el rebrote de enfermedades infecciosas multi-resistentes. En un principio se sostenía que los APC no se absorbían, que su medio de acción se circunscribía al lumen intestinal, y que por tal motivo eran inocuos. Más allá de si tal hecho era cierto o no, se ha llegado a determinar que las personas que trabajan en el procesamiento de alimentos para animales, en el que se usan APC, se contaminan con los fármacos y su flora normal se ve expuesta a ellos, generándose la resistencia y transmitiéndose a otras personas. De hecho, este argumento es muy sencillo; pero, más o menos, es una ruta que se da.

Diferentes productos vegetales han mostrado acción bactericida o bacteriostática, además de poseer efecto anti-oxidante y abastecer de prebióticos; sin embargo, es necesario determinar si actuando en conjunto manifestarían el mismo efecto benéfico o mejor, o por interacciones de tipo negativo se neutralizan.

En general, la problemática que da lugar a la presente investigación puede resumirse de la siguiente manera: La alta densidad de crianza y el elevado consumo de los alimentos altamente nutritivos destinados a los pollos de carne generan las condiciones ideales para un incremento de las poblaciones bacterianas de tipo patógeno que existen en el intestino de los pollos de carne, tal situación atentaría en contra del

rendimiento y calidad de vida de los animales; como se ha indicado, debido a que ya no debe utilizarse APC es necesario determinar una alternativa para controlar la flora intestinal y continuar obteniendo elevados rendimientos.

El Tomillo y el algarrobo europeo, entre otras especies vegetales, han demostrado poseer sustancias para el control de las poblaciones intestinales de bacterias negativas y otras propiedades a favor del organismo y del rendimiento. Siendo necesario determinar si suministrados en forma conjunta benefician el rendimiento del pollo de carne.

Definiendo al rendimiento como el incremento de peso, conversión alimenticia, mérito económico, etc. y existiendo en el mercado un producto comercial que combina extractos de tomillo (*Thymus vulgaris*) y de semillas de *Ceratonia siliqua* (algarrobo de Europa) es pertinente preguntar: ¿Cuál será el efecto sobre el rendimiento de los pollos de carne de la suplementación de la dieta con un producto comercial que contiene extractos de tomillo y de semillas de *Ceratonia siliqua*, sin emplear APC?

Asumiéndose como hipótesis que: la suplementación de la dieta con extractos de tomillo y de semillas de algarrobo europeo permitirá mejorar el rendimiento de los pollos de carne sin emplear APC.

Se consideró los siguientes objetivos:

1. Determinar y evaluar los incrementos de peso;
2. Determinar y evaluar la eficiencia técnica de utilización del alimento;
3. Determinar y evaluar la eficiencia económica del alimento;
4. Determinar y evaluar el grado de aceptación de la carne.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Nutraceuticos

Según del Toro (2016), el término nutraceutico surgió por primera vez en humanos por el Dr. Stephen De Felice, presidente de la Fundación para la Innovación en Medicina (Foundation for Innovation in Medicine, FIM), en el año 1989. Los definió como alimentos o aditivos de origen natural con propiedades biológicas activas que proporcionan beneficios médicos para la salud, lo que incluye la prevención y/ o tratamiento de enfermedades. La misma fuente indica que, en contraste a los fármacos, los nutraceuticos no son sustancias o compuestos químicos sintetizados, o asociados con deficiencias en las dietas. Sin embargo, son compuestos que contienen nutrientes (particularmente en forma concentrada) y son asociados a la categoría de alimentos con la prevención y o tratamiento de enfermedades. En algunos casos son utilizados como aditivos de alimentos y son, por lo tanto, agregados en productos que inicialmente no lo contenían. Los suplementos o aditivos dietéticos son un típico ejemplo de nutraceuticos.

En la actualidad, existe gran debate entre los investigadores de la comunidad científica, porque su concepto redefine las líneas divisorias tradicionales entre los alimentos y los medicamentos. Además, de la actividad antimicrobiana, suelen poseer otras actividades biológicas beneficiosas, que, por su acción sobre el sistema enzimático, mejoran el apetito y optimizan la absorción de nutrientes. Así, poseen poder antiinflamatorio, inmunomoduladores, espasmolíticas y sedantes. Dentro de los mecanismos de acción, se pueden citar: disminución de la oxidación de los aminoácidos, ejercen una acción antimicrobiana sobre algunos microorganismos intestinales y favorecen la absorción intestinal, estimulan la secreción de enzimas digestivas, aumentan la palatabilidad de los alimentos, estimulan su ingestión, y mejoran el estado inmunológico (del Toro, 2016).

Aroche (2015) considera que, los esfuerzos por desarrollar promotores de crecimiento alternativos aumentan cada día. En el mundo se estudian los ácidos orgánicos, aditivos fitogénicos, probióticos y prebióticos; indica el autor que, específicamente en Cuba, se han trabajado con fuerza las zeolitas naturales, minerales que incrementan la eficiencia de la utilización de los nutrientes proteicos, protegen a los animales del efecto de las mico-toxinas y actúan positivamente frente algunos tipos de diarreas, siendo una alternativa viable para sustituir la terapia antibiótica. Así mismo, la fuente citada indica que los aditivos de plantas se consideran una alternativa para sustituir los antibióticos, desde el punto de vista técnico, económico y biológico, por la seguridad de su inclusión y su nula residualidad; mencionando que, la premisa futura de los investigadores es obtener alternativas naturales para contrarrestar el uso indiscriminado de los antibióticos como preventivos en las aves y cerdos. Se han reportado muchos beneficios de los polvos de plantas medicinales, como el incremento de la digestibilidad de nutrientes, la estabilidad inmunológica, la exclusión competitiva de microorganismos y la salud intestinal en aves aparentemente normales y expuestas a diferentes.

Así mismo, se ha considerado la denominación de “alimentos funcionales” para estos mismos insumos alimenticios; desde la antigüedad muchos productos han sido utilizados como alimentos y como medicina, tales como el jengibre, la menta, el ajo, el azafrán. La filosofía del "alimento como medicina" es la que soporta el paradigma de los alimentos funcionales (Hassler, 1996).

Un alimento puede ser considerado funcional si logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto benéfico sobre una o varias funciones específicas en el organismo, mejora el estado de salud y de bienestar o bien reduce el riesgo de una

enfermedad, más allá de los efectos nutricionales habituales. Es importante tener en consideración que el concepto de alimentos funcionales surgió para los humanos.

2.2. El tomillo (*Thymus vulgaris*)

El tomillo es una planta aromática de la flora del Mediterráneo comúnmente utilizada como especia y para propósitos medicinales. Como otras especies del género *Thymus*, el tomillo es utilizado tradicionalmente por sus efectos anti-séptico, anti-espasmódico y anti-tusígeno. Además, posee propiedades anti-microbianas, anti-fúngicas, anti-oxidativas y anti-virales. El aceite esencial derivado del tomillo es una mezcla de monoterpenos y uno de los compuestos principales de este aceite es un terpenoide natural denominado timol; este compuesto exhibe múltiples actividades biológicas incluyendo propiedades anti-inflamatoria, inmuno-moduladora, anti-oxidante, anti-bacterial, anti-fungal y atrapadora de radicales libres (Suzuki y Furuta, 1988; Aeschbach *et al.*, 1994; Essawi y Srour, 2000; Hudaib *et al.*, 2002; Miura *et al.*, 2002; Soliman y Badlaa, 2002; Venturini *et al.*, 2002; Braga *et al.*, 2006).

El uso del tomillo data de tiempos muy antiguos. Los egipcios lo empleaban como una de las sustancias aplicadas en los procesos de momificación. El nombre *Thymus* proviene del griego *thymus* que significa fuerza o coraje, ya que se empleaba principalmente como infusión energizante y como antiséptico de heridas de guerreros. Esta nomenclatura fue empleada por Teofrasto para designar tanto al tomillo como a la ajedrea. Se la recomendaba como antídoto para las mordeduras de serpientes. El propio Carlo Magno ordenó su cultivo en todos los jardines para aprovechar tanto sus propiedades medicinales como culinarias (Estrada, 2010).

En el siglo XVI fue cultivado extensamente en toda Europa y regiones aledañas al Mediterráneo, formando parte de numerosas recetas y preparados correspondientes a las primeras farmacopeas europeas. En 1725, un boticario alemán llamado Neumann

obtiene el aceite esencial, comenzando a partir de entonces su estudio con fines terapéuticos. Crece espontáneo por todo el sur de Europa, donde se reproduce bien, ya sea por semillas o, más frecuentemente por división de las matas en primavera. Prefiere los terrenos ligeros y pedregosos, y cuando es cultivado, requiere riegos repetidos durante los calores excesivos (Estrada, 2010).

Clasificación taxonómica: REINO: *Plantae*; DIVISIÓN: *Magnoliophyta*; CLASE: *Magnoliopsida*; ORDEN: *Lamiales*; FAMILIA: *Lamiaceae*; GÉNERO: *Thymus*. Como se indica en su clasificación taxonómica, pertenece a la familia de las labiadas, alcanza de 15 a 30 cm. de altura, muestra hojas opuestas, lanceoladas, con los bordes enrollados y densamente pilosas. Las flores son diminutas, agrupadas en racimos terminales muy densos, rosadas o blanquecinas. Cáliz de color rojizo vinoso, con la garganta obstruida por pelitos blancos. El labio superior muestra tres dientecitos cortos, y el inferior dos largas y estrechas lacinias. La corola mide entre 7 y 8 mm y aparece dividida en dos labios: el superior escotado y el inferior subdividido en tres lóbulos divergentes. Toda la planta desprende un fuerte aroma al estar provista de glándulas esenciales. Los romanos lo introdujeron en la cocina, perfumando vinos y quesos (Estrada, 2010).

En su composición química se considera para el **Aceite Esencial** (0,8- 2,5 %): fundamentalmente timol (40%), p- cimeno (15 – 50%), alcanfor (11 – 16%), carvacrol (2.5 – 14.6 %), linalol (4%), 1,8- cineol (3%), γ - terpineno (1-5%), borneol, acetato de bornilo, acetato de linalino, geraniol, α y β - pineno, limoneno. El rendimiento porcentual de aceite esencial del tomillo varía al método utilizado para su extracción ya sea por destilación con agua, destilación con vapor de agua o la combinación de ambas. En cuanto a los **Flavonoides**: Principalmente heterósidos del luteol y apigenol, y en menor medida flavonas metoxiladas: cosmosiína, timonina, isotiminina, timusina,

naringenina. También se ha señalado la presencia de flavanonas, flavonoles y heterósidos de luteolina. **Otros:** taninos (7-10%), serpilina (principio amargo), saponinas ácidas y neutras, ácido labiático, oleanólico y ursólico (1,5%), ácidos fenilcarboxílicos (clorogénico y cafeico), ácido rosmarínico (1%), ácido litospérmico, resinas (Alonso, 2004).

Farmacológicamente Se lo utiliza como digestivo, estimulante del apetito, antiparasitario, antihelmíntico, anticatarral, antimicrobiano, antiséptico, cicatrizante, antiespasmódico, carminativo, expectorante, mucolítico, diaforético. Las propiedades carminativas del aceite esencial de Tomillo lo hacen un efectivo tratamiento para diferentes malestares estomacales (Alonso, 2004; Estrada, 2010).

Aún cuando no se conocían los antibióticos, el tomillo era considerado como un eficaz desinfectante. Actualmente, está comprobado que sus componentes fenólicos, timol y carvacrol, tienen actividad antibacteriana frente a gérmenes Gram positivos y Gram negativos. Este efecto se debe a su acción sobre la membrana bacteriana. Además tiene acción anti fúngica (eficaz contra *Candida albicans*) y antivírica. Por el sabor agradable del timol está presente en la formulación de diversos enjuagues bucales, pastas de dientes, etc. Una disolución de 5% de timol en etanol se utiliza para la desinfección dermal y contra infecciones con hongos (Alonso, 2004).

Miladi *et al.* (2016) realizaron un estudio en el que el timol y el carvacrol, dos fenoles mono-terpénicos producidos por varias plantas aromáticas, entre ellas el Tomillo, se evaluaron por sus potencias antibacterianas e inhibidores de la bomba de eflujo contra un panel de patógenos clínicos y de los alimentos. Sus resultados demostraron una sustancial susceptibilidad de las bacterias probadas hacia el timol y carvacrol. Especialmente, el timol mostró una fuerte actividad inhibitoria (valores de MIC que variaron entre 32 y 64 µg/mL) contra la mayoría de cepas probadas en

comparación al carvacrol. Además, se notó una reducción significativa en las MIC de tetraciclina y cloruro de benzalconio cuando se probaron en combinaciones con timol y carvacrol; este efecto sinérgico fue más significativo en el caso de timol, el que generó una reducción de los valores de la MIC de la tetraciclina (de 2 a 8 veces) y del cloruro de benzalconio (de 2 a 8 veces).

2.3. El algarrobo (*Ceratonia siliqua*)

El algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) se ha cultivado desde la antigüedad en la mayoría de los países de la cuenca mediterránea, generalmente en lugares suaves y secos con suelos pobres. Es un árbol nativo del Mediterráneo y Oriente Medio. La producción mundial de vainas de algarroba es de 374,800-441,000 toneladas por año, siendo el principal productor España seguido de Italia, Portugal, Marruecos, Grecia, Chipre, Turquía y Argelia. La producción de vainas de algarrobas varía dependiendo del cultivar, región y prácticas de cultivo (Battle y Tous, 1997; Karababa y Coşkuner, 2013).

Debido a su composición química, el algarrobo se utiliza en la industria alimentaria y en la medicina. En cuanto a los usos medicinales, el algarrobo ha revelado una disminución de lípidos interesante, nefro-protector, anti-cardiovascular, anti-proliferativa, propiedades antioxidantes *in vitro* e *in vivo*, aparentemente relacionadas con sus compuestos fenólicos. Las vainas de algarroba son una rica fuente de antioxidantes naturales que pueden, por diferentes mecanismos, actuar como una defensa efectiva contra especies de oxígeno reactivas incluyendo radicales libres tales como aniones de súper-óxido y radicales hidroxilo y especies de radicales no libres como el peróxido de hidrógeno. (Zunft *et al.*, 2001; Corsi *et al.*, 2002; Ahmed, 2010; Vekiari *et al.*, 2012; Roseiro *et al.*, 2013a; Sebai *et al.*, 2013).

Los compuestos bio-activos, tales como los compuestos fenólicos, presentes en la algarroba son capaces de actuar como antioxidantes químicos y, por lo tanto, poseen la capacidad de reducir el daño oxidativo (Roseiro *et al.*, 2013a, b).

Las hojas y el fruto de esta planta se utilizan para curar varias enfermedades. Las vainas de algarrobo se han utilizado tradicionalmente como alimento animal y humano y la semilla se utiliza principalmente para la extracción de goma. La corteza y las hojas se han utilizado en la medicina popular tunecina como laxante, diurético, antidiarreico y para el tratamiento de la gastroenteritis de los lactantes. Se ha indicado que de los estudios experimentales y clínicos realizados en *C. siliqua*, parece que la mayoría de sus acciones farmacológicas se deben a su actividad antioxidante, que se debe principalmente a su capacidad para eliminar los radicales libres y / o inhibir la peroxidación lipídica. Los antioxidantes son sustancias que retrasan o previenen la oxidación de sustratos oxidables intercelulares o intracelulares del estrés oxidativo (Kivçak *et al.*, 2002; Kumazawa *et al.* 2002).

En Wikipedia (2016) se indica la siguiente clasificación taxonómica: Súper-reino, *Eukaryota*; Reino, *Plantae*; Sub-reino, *Tracheobionta*; División, *Magnoliophyta*; Clase, *Magnoliopsida*; Sub-clase, *Rosidae*; Orden, *Fabales*; Familia, *Fabaceae*; Sub-familia, *Caesalpinioideae*; Tribu, *Cassieae*; Sub-tribu, *Ceratoniinae*; Género, *Ceratonia*; Especie, *Ceratonia siliqua* L.

La misma fuente, indica la siguiente descripción: es un árbol de hasta 10 metros de altura, aunque su altura media es de 5 a 6 metros; es dioico y es de follaje perenne. Tiene hojas bi-pinnadas de color verde oscuro con una dimensión de entre 10 y 20 cm de largo y sus flores son pequeñas, rojas y sin pétalos. El fruto, llamado algarroba o garrofa, es una vaina coriácea de color castaño oscuro, de 1 a 3 dm de longitud, que

contiene una pulpa gomosa de sabor dulce y agradable que rodea las semillas. Las vainas son comestibles y se usan como forraje.

Es una especie de gran rusticidad y resistencia a la sequía, pero es de un desarrollo lento y solo comienza a fructificar después de unos siete a diez años desde la plantación, obteniendo su plena productividad a los quince o veinte años. Suele tener una buena producción cada dos años, oscilando entre 90 y 200 kg de fruto en árboles maduros, haciéndose la recolección a partir del mes de agosto, mediante vareo o directamente del suelo.

Las semillas están recubiertas por un tegumento duro que impide la imbibición de agua, este motivo hace que su germinación sea muy lenta. Cuando el tegumento externo se rompe, la semilla absorbe agua con bastante rapidez, facilitándose así la germinación. El tegumento externo favorece la longevidad de las semillas, se tiene constancia que con cuatro años de edad aún mantienen una viabilidad germinativa semejante a las semillas obtenidas el mismo año. Por consiguiente, los restos de frutos en la tierra de años anteriores representa una estrategia de reproducción propia de este árbol. Los procesos digestivos no afectan a la viabilidad germinativa de las semillas, lo cual favorece la dispersión a larga distancia por medio de los consumidores del fruto. Se ha constatado también cierto grado de resistencia de las semillas de algarrobo al fuego, conservando su poder germinativo.

Las semillas, de tamaño y peso notoriamente uniformes, fueron el patrón original del quilate, la unidad de peso utilizada en joyería. El algarrobo es originario de la región mediterránea pero se cultiva también en otras zonas cálidas. Es un árbol que no necesita mucha agua para crecer ni para vivir normalmente.

Entre los usos que se le dan a esta especie, la misma fuente, indica: El fruto, la algarroba, una vez maduro, puede consumirse crudo, debiendo tenerse un poco de cuidado de retirar o no morder las semillas porque son muy duras.

Con la algarroba es posible preparar un sucedáneo del chocolate llamado *carob* (que es *algarrobo* en inglés), muy utilizado en alimentos dietéticos. Hojas tiernas y frutos constituyen un buen alimento para el ganado. Como efecto del pastoreo de cabras y ovejas, las hojas y ramas más bajas son las que primero se consumen, dejando para el año siguiente la misma ubicación de las hojas más recientes. Se trata de una especie de causa - efecto retroactivos entre sí.

El uso de la madera de algarrobo varía según las especies y regiones pero, en general, se utiliza para combustible e infraestructura rural, siendo notable la demanda que existe para carpintería y fines artesanales.

Principios activos: Pulpa (harina de algarroba): Azúcares (20-30%): glucosa, sacarosa, fructosa; pectina, proteínas, grasas, ácido benzoico y ácido fórmico, mucílago, taninos. Semillas (goma de garrofin): galactomananas (90%).

Indicaciones: La harina extraída de la pulpa es astringente, antidiarreico. El fruto verde se ha utilizado popularmente como anti-fúngico. La goma, por su riqueza en galactomananas tiene un efecto secuestrante (forma un gel viscoso que retrasa la absorción de lípidos y glúcidos), un efecto voluminizante (aumenta la repleción del estómago y prolonga la sensación de saciedad) y un efecto laxante emoliente, por el mucílago. Harina: diarreas, gastritis, ulcus gastroduodenal, vómitos infantiles. Goma: laxante y coadyuvante en tratamientos de sobrepeso, diabetes e hiperlipemias, prevención de la arteriosclerosis.

De la semilla destaca el endospermo, del que se extrae la denominada "goma de garrofin" (en inglés *Locust Bean Gum*), que se utiliza como espesante y estabilizante

natural en muchos productos alimentarios (helados, sorbetes, salsas, productos lácteos, etc...).

Contraindicado con obstrucción intestinal, íleo, estenosis esofágica pilórica o intestinal. Al reducir la asimilación intestinal de glúcidos, el médico deberá tener en cuenta la necesidad de reajustar las dosis de insulina, en los pacientes con diabetes insulínica. Tener en cuenta que también se puede reducir la absorción intestinal de otras medicaciones como: penicilina o sales de litio.

Esta semilla era utilizada como unidad de medida por la supuesta uniformidad de masa que tenían entre ellas. De su nombre griego, *keration*, viene el nombre del quilate, unidad de masa utilizada para las piedras y metales preciosas.

Se usan los frutos: pulpa seca y semillas. Se recolecta cuando los frutos llegan a la madurez. La pulpa se puede tomar en cocimiento con agua, leche, o en las papillas.

Con relación a su composición química; la vaina, el germen y la semilla de algarroba fueron analizados para determinar la humedad, cenizas, proteínas, grasas, carbohidratos y, particularmente, su contenido de taninos. Se investigó la recuperación de taninos afectados por diversos sistemas de extracción con disolventes. La harina de vaina de algarrobo contuvo altos niveles de carbohidratos (45%), cantidades apreciables de proteína (3%) y bajos niveles de grasa (0.6%). El germen y la harina de semillas contenían más grasa y menos carbohidratos en comparación con la vaina de algarroba. La acetona al setenta por ciento fue el disolvente más eficaz para la extracción y recuperación de taninos. La vaina de algarrobo contiene un valor medio de 19 mg de polifenoles totales/ g, 2.75 mg de taninos condensados (proantocianidinas)/ g, 0.95 mg de taninos hidrolizables (galo- y elagi-taninos)/ g. El germen contenía una mayor concentración de polifenoles totales (40.8 mg/ g) y taninos (16.2 mg de taninos

condensados/ g y 2.98 mg de taninos hidrolizables/ g), mientras que sólo se detectaron trazas de estos compuestos en las semillas de algarroba. (Avallone *et al.*, 1997).

Además del alto contenido de compuestos fenólicos, la harina de algarroba se considera un producto que contiene un alto nivel de fibra dietética, minerales (Fe, Ca, Na, K, P y S) y vitaminas (E, D, C, Niacina, B6 y ácido fólico). En vista de su alto valor nutricional, el creciente interés en el uso de la harina de algarrobo como un ingrediente funcional en la producción de alimentos pro-salud está aumentando. La harina de algarroba se utiliza para mejorar el valor nutricional de los productos a base de cereales como panes, galletas y pasteles; y se está considerando su promisorio uso en la fortificación de las pastas (Ortega *et al.*, 2011; Youssef *et al.*, 2013; Sęczyk *et al.*, 2016).

Se ha indicado que el fruto de algarrobo contiene dos partes principales: la pulpa y las semillas. Ambas se utilizan como materia prima en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética. La vaina sin semillas se puede moler en harina y se utiliza como un sustituto de chocolate o cacao. En tanto que la semilla consiste de la cubierta (30-33%), endospermo (42-46%) y embrión o germen (23-25%). Las semillas son una fuente de goma. La goma de algarroba (LBG), también llamada E410, también se obtiene del endospermo de semillas que contiene galactomananos. Esto se añade a una variedad de productos como estabilizador o aromatizante y ha encontrado aplicaciones crecientes en industrias no alimentarias (Nyerges, 1978; Brand, 1984; Neukom, 1988; Battle y Tous, 1997; Curtis *et al.*, 1998; Yousif y Alghzawi, 2000; Wang *et al.*, 2001; Hoefler, 2004; Rizzo *et al.*, 2004; Bouzouita *et al.*, 2006; Gharnit *et al.*, 2006; Turnbull *et al.*, 2006; Sandolo *et al.*, 2007; Dionísio y Grenha, 2012). Otra de las aplicaciones, generada por los compuestos que presenta en su composición, sería como favorecedor de condiciones intestinales adecuadas para la producción animal.

2.4. La acción nutracéutica

Los nutracéuticos, como ya se ha indicado, surgen como alternativa al uso de los productos farmacéuticos (APC, principalmente) empleados en la alimentación animal; el factor detonante para la prohibición de los APC en el mundo desarrollado (en progreso en el subdesarrollado) es el incremento en la resistencia de los patógenos a los antibióticos. Aun cuando todavía se sostiene que no se ha podido demostrar que la resistencia se deba al empleo en la alimentación animal y que buena parte de ella se deba al mal uso (auto medicación) que los humanos hacen de los medicamentos, lo cierto es que miles de toneladas de antibióticos se han venido empleando en la alimentación de los animales de interés zootécnico sin tener en cuenta las condiciones de explotación de los animales o el porque los antibióticos han sido exitosos en la promoción del rendimiento.

La base teórica para la combinación de los extractos de tomillo y de semillas de algarrobo europeo se centra en la acción sinérgica que debe darse entre las propiedades de ambos; la antibacteriana, antioxidante, inmuno-estimulante, etc., de los principios contenidos en el tomillo y la prebiótica (galactomananos) por parte del algarrobo; sin embargo, el producto comercial fue desarrollado para los cerdos y no para los pollos de carne, pero se asume que su acción debe ser parecida toda vez que se trata de una especie de estómago simple que también alberga una gran cantidad de micro flora en el intestino grueso y que es alimentado con dietas de alta densidad nutritiva; las investigaciones realizadas en el medio, con tomillo y otras especias, permiten conjeturar que tal acción debe manifestarse también en el pollo de carne.

La acción antimicrobiana del tomillo se sostiene en su composición de aceites esenciales, entre los que predominan el timol y el carvacrol; según Burt (2004), al considerar la gran cantidad de diferentes grupos de compuestos químicos presentes en

los aceites esenciales (AE), lo más probable es que su actividad antibacteriana no sea atribuible solo a un mecanismo específico sino que haya varios objetivos en la célula. La autora citada resume la acción antibacteriana en la siguiente Figura N° 2.1., en la que muestra las ubicaciones o mecanismos en la célula bacteriana en los que actuarían los AE; indicando que ninguno de estos mecanismos constituyen objetivos separados, algunos son afectados como consecuencia de otro mecanismo que está siendo dirigido.

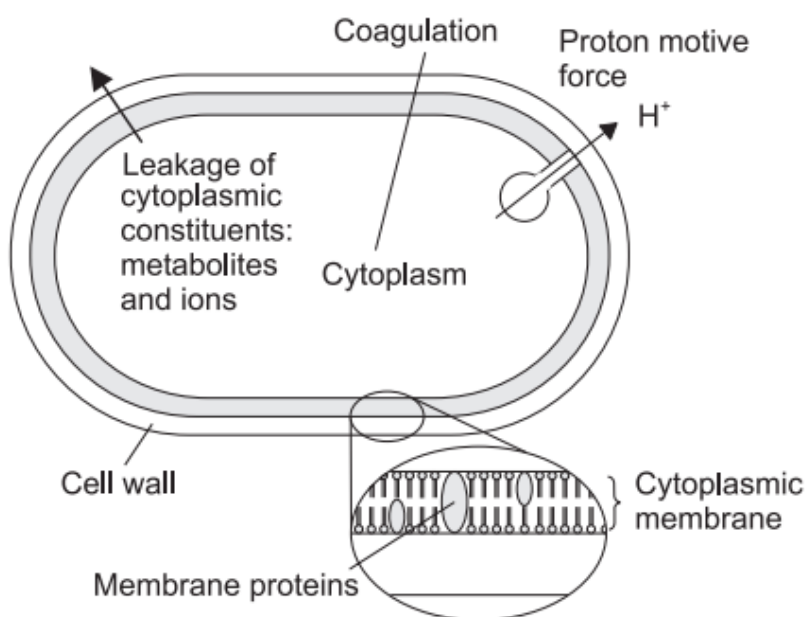


Figura N° 2.1. Localizaciones y mecanismos en la célula bacteriana que se consideran lugares de acción para los componentes de los AE: degradación de la pared celular; daño a la membrana citoplasmática; daño a las proteínas de la membrana; fuga de contenidos celulares; coagulación de citoplasma; y agotamiento de la fuerza motriz de protones.

Así mismo, menciona que una característica importante de los AE y sus componentes es su hidrofobicidad, lo que les permite crear particiones en los lípidos de la membrana celular y mitocondrias de la bacteria, alterando las estructuras y tornándolas más permeables. Puede ocurrir fuga de iones y otros contenidos celulares. Aunque una cierta cantidad de fuga de las células bacterianas puede tolerarse sin ocasionar pérdida de viabilidad, las pérdidas extensivas de los contenidos celulares o la salida de moléculas y iones críticos puede conducir a la muerte; existen alguna

evidencia de algunos estudios con aceite de té y *E. coli* en los que se ha indicado que puede ocurrir la muerte antes de la lisis.

Generalmente los AE están provistos de fuertes propiedades antibacterianas contra los patógenos transmitidos a través de los alimentos, contienen un alto porcentaje de compuestos fenólicos tales como el carvacrol, eugenol (2-metoxi-4-(2-propenil)fenol) y timol. Parece razonable que sus mecanismos de acción sean, por lo tanto, similares a otros compuestos fenólicos; entre ellos se tienen las alteraciones de la membrana citoplasmática, perturbación de la fuerza motriz de protones, flujo de electrones, transporte activo y coagulación de los contenidos celulares.

La estructura química de los componentes individuales de los AE afecta su modo preciso de acción y actividad antibacteriana. Se ha confirmado, por ejemplo, la importancia de la presencia del grupo hidroxilo en compuestos fenólicos tales como carvacrol y timol. La posición relativa del grupo hidroxilo sobre el anillo fenólico no parece influir fuertemente el grado de actividad antibacteriana. Por ejemplo, la acción del timol contra *B. cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aureoginosa* parece comparable a la del carvacrol; sin embargo, un estudio se encontró que carvacrol y timol actuaron de manera diferente contra especies gram-positivas y gram-negativas. La significancia del anillo fenólico en sí mismo (electrones desestabilizados) se demostró por la escasez de actividad del mentol comparado con carvacrol. En un estudio la adición de una mitad acetato a la molécula pareció incrementar la actividad antibacteriana, el acetato de geranilo fue más activo contra una variedad de especies gram-positivas y negativas que el geraniol. En lo que a los componentes no fenólicos de los AE se refiere, se ha encontrado que el tipo de grupo álcali influencia la actividad (alquenilo>alquilo); por ejemplo, el limoneno (1-metil-4-(1-metiletenilo)-ciclohexano) es más activo que el *p*-cimeno.

Los componentes de los AE también parecen actuar sobre las proteínas celulares incrustándose en la membrana citoplasmática. Se sabe que enzimas, tales como las ATPasas, se localizan en la membrana citoplasmática y son rodeadas por moléculas lipídicas. Se han sugerido dos mecanismos posibles mediante los que los hidrocarburos cíclicos podrían actuar sobre estas. Las moléculas hidrocarbonados lipofílicas se acumularían en la bicapa lipídica y distorsionan la interacción lípido-proteína; alternativamente, es posible la interacción directa de los compuestos lipofílicos con partes hidrofóbicas de la proteína. Se ha encontrado que algunos AE estimulan el crecimiento de pseudo micelios (una serie de células adheridas de extremo a extremo como resultado de la separación incompleta de células recién formadas) en ciertas levaduras. Esto podría ser una indicación de que los AE actúan sobre los enzimas involucrándose en la regulación de la energía o en la síntesis de componentes estructurales. Se ha mostrado que el aceite de canela y sus componentes inhiben las descarboxilasas de aminoácidos en *Enterobacter aerogenes*. Se pensó que el mecanismo de acción era la unión de proteínas. También se han obtenido indicaciones de estudios en los que se usó leche que contenía diferentes niveles de proteína que los componentes de los AE pueden actuar sobre proteínas.

Para mayor información al respecto sobre la acción antibacteriana de los AE puede consultarse a Burt (2004); sin embargo, otra excelente revisión sobre los efectos biológicos de los aceites esenciales ha sido publicada por Bakkali *et al.* (2008).

Con relación a la acción antioxidante, según Dasgupta y Klein (2014), la “paradoja del oxígeno” se define por el hecho de que los organismos aeróbicos requieren de oxígeno para sobrevivir pero este elemento es, también, inherentemente tóxico para ellos debido a su asociación con la generación de radicales libres y estrés oxidativo. Varios radicales libres son productos comunes de la respiración y de otras

reacciones bioquímicas en las células que son procesos fisiológicos normales y esenciales para la sobrevivencia. Los autores mencionan que para sobrevivir en un ambiente aeróbico no amigable, los organismos vivos generan antioxidantes solubles en agua y en lípidos que pueden neutralizar a estos radicales libres altamente reactivos. Así, para vivir saludablemente debe mantenerse un delicado balance entre el estrés oxidativo y la defensa antioxidante del cuerpo. Si el mecanismo anti oxidativo del cuerpo no opera en forma óptima, el exceso de radicales libres puede dañar varias biomoléculas, incluyendo lípidos, proteína, carbohidratos y ácidos nucleicos.

Los mismos autores (Dasgupta y Klein, op. cit.) definen a un radical libre como un átomo o molécula que contiene uno o más electrones no emparejados que son capaces de una existencia libre. Los autores agregan que estos radicales pueden ser generados como productos de reacciones homolíticas, heterolíticas o redox y, usualmente, están constituidos de especies oxígeno-activas o nitrógeno-activas. Las especies oxígeno activas incluyen radicales libres portadores de oxígeno así como a otras especies oxígeno activas tales como el peróxido de hidrógeno, el que no es un radical libre. Similarmente, las especies nitrógeno activas incluyen a tanto a radicales libres que contienen nitrógeno como a otras moléculas activas en las que el centro de reactividad es el nitrógeno.

Sin embargo, bajo condiciones de equilibrio, los radicales libres participan en acciones benéficas para el organismo. Pero debe reconocerse que las situaciones de desequilibrio predominan frente a las de equilibrio, por lo que debe considerarse el reconocimiento y aplicación de estrategias de defensa frente al daño que puede ocasionar el estrés oxidativo.

La defensa anti oxidativa del organismo consiste tanto de compuestos endógenos como de exógenos, derivados de la dieta; los que se pueden clasificar en tres grandes

categorías: enzimas antioxidantes, antioxidantes de rotura de cadena y proteínas que ligán metales. Los enzimas antioxidantes principales son la súper óxido dismutasa (SOD), catalasa y peroxidasas, las que son de origen endógeno. Los antioxidantes que interfieren con las reacciones en cadena iniciadas por los radicales libres se conocen como antioxidantes de rotura de cadena, son pequeñas moléculas que pueden ser solubles tanto en agua como lípidos; algunos de éstos derivan de la dieta, como los carotenoides, flavonoides y vitaminas antioxidantes. Las proteínas endógenas, tales como la ferritina, transferrina y ceruloplasmina también son importantes proteínas antioxidantes porque son capaces de ligar iones metales como cobre y hierro de manera que no se generen radicales libres mediante la reacción de Fenton. Generalmente los enzimas antioxidantes proveen la más fuerte defensa antioxidante, aunque todos los antioxidantes son importantes para la apropiada neutralización del estrés oxidativo (Dasgupta y Klein, op. cit.)

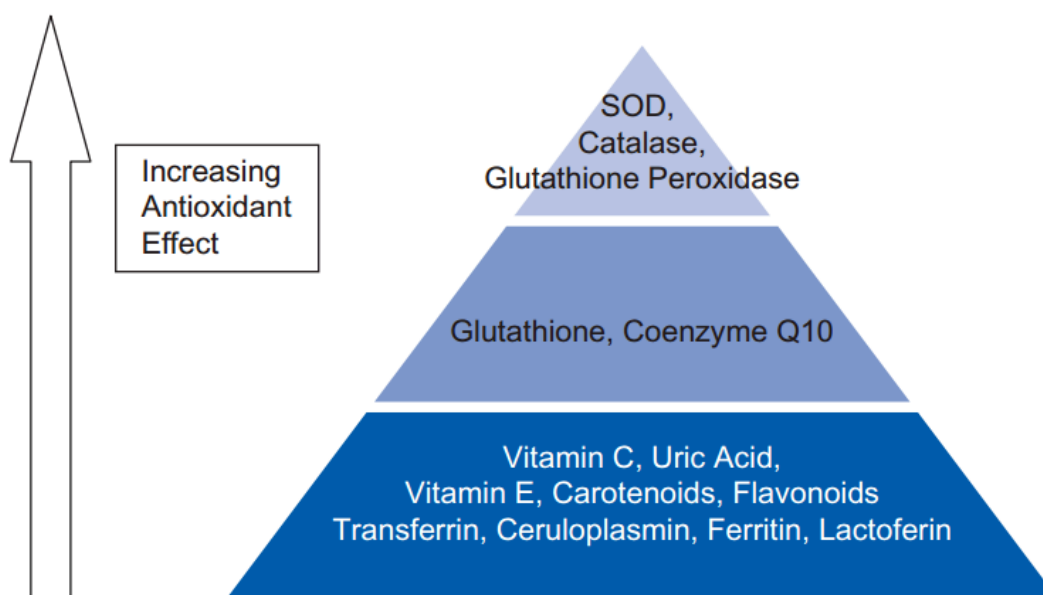


Figura N° 2.2. Efectividad de varios antioxidantes en el cuerpo humano en la neutralización de radicales libres (SOD: súper óxido dismutasa)

Fuente: Dasgupta y Klein (2014).

Los antioxidantes de rotura de cadena son pequeñas moléculas capaces de neutralizar radicales libres mediante la rotura de la cadena de reacciones iniciada por tales radicales libres; estos antioxidantes pueden ser tanto de origen endógeno como exógeno. El ejemplo clásico de la reacción en cadena iniciada por los radicales libres es la per-oxidación lipídica. Los antioxidantes de rotura de cadena actúan ya sea donando un electrón o recibiendo uno de alguna especie de radical libre, convirtiéndola así en una especie estable. Estos antioxidantes pueden ser clasificados en dos amplias categorías: solubles en agua y solubles en grasa. El más importante antioxidante de rotura de cadena soluble en agua es la vitamina C, la que también se conoce como ácido ascórbico.

El más importante antioxidante de rotura de cadena soluble en grasa es la vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles), que existe en ocho estados diferentes. Sin embargo, el α -tocoferol, la forma común de la vitamina E, es muy eficiente para romper la cadena de reacciones de la per-oxidación lipídica. Los carotenoides también son importantes antioxidantes liposolubles y la forma más común es el β -caroteno; estos antioxidantes también pueden neutralizar los peroxi radicales así como al oxígeno suelto. Además, el β -caroteno es un precursor de la vitamina A, la que también tiene actividad antioxidante. Los flavonoides son antioxidantes que se encuentran en las plantas así como en verduras y frutas. Además, el té y el café pueden proveer suficientes flavonoides para una adecuada defensa antioxidante. La forma reducida de la coenzima Q₁₀ (también conocida como ubiquinol-10) es un efectivo antioxidante de rompimiento de cadena liposoluble que es capaz de barrer radicales peroxi-lípidos; es un efectivo antioxidante que previene la oxidación dañina del colesterol proveniente de lipoproteínas de baja densidad (Dasgupta y Klein, op. cit.)

Según Del Carpio y Del Carpio (2016), una pregunta pertinente es ¿por qué razón hay necesidad de incluir fuentes naturales de antioxidantes en los alimentos de animales de interés zootécnico? Como se ha indicado por diferentes investigadores, las condiciones de producción de los animales de interés zootécnico son propicias para que se produzcan situaciones de producción de radicales libres, sobre todo en animales que están obligados a consumir alimentos de cantidad y calidad elevadas. Esta situación ha sido reconocida para humanos y puede ser peor para animales de interés zootécnico, obligados a producir intensamente bajo condiciones muy diferentes a su estado natural.

Otras preguntas pertinentes planteadas por el mismo autor son: ¿Qué principios están contenidos en especias, hierbas y verduras? ¿Por qué tienen que ser catalogadas como antioxidantes? ¿Poseen sólo una sustancia o varias? ¿Sólo son antioxidantes o disponen de otra u otras acciones benéficas para el organismo animal? ¿Existen otras especias, hierbas y verduras que puedan emplearse, con efectos benéficos, en la producción animal de interés zootécnico?

Los autores citados consideran que, efectivamente existen muchas especias y hierbas interesantes para la salud de los animales de interés zootécnico que pueden ayudar a que se alcance buena parte de su potencial productivo.

Se ha indicado que la sola mención de antioxidantes naturales (AON) genera una asociación con especias y hierbas, las que pueden ser utilizadas (junto con sus extractos) como reemplazantes de los productos antioxidantes sintéticos.

Respecto al tomillo se sabe que es originario de las regiones de la cuenca mediterránea y se utiliza como medicina para la tos. También se ha usado comúnmente como una de las especias herbales culinarias para añadir sabor y desodorización. Los mono-terpenos fenólicos en el tomillo, el timol y carvacrol, son los compuestos primarios que contribuyen al aroma característico de su aceite esencial. También se

conocen como inhibidores de la per-oxidación lipídica. También, el *p*-Cumene-2,3-diol aislado del tomillo es un fuerte antioxidante; también se encontró actividad antioxidante en la fracción débilmente ácida, la que fue repetidamente purificada por cromatografía para dar cinco nuevos dímeros bi-fenilo de timol y carvacrol, y flavonoides altamente metoxilados. Los bi-fenilos también poseen propiedades desodorantes significativas (Yanishlieva y Heinonen, 2001).

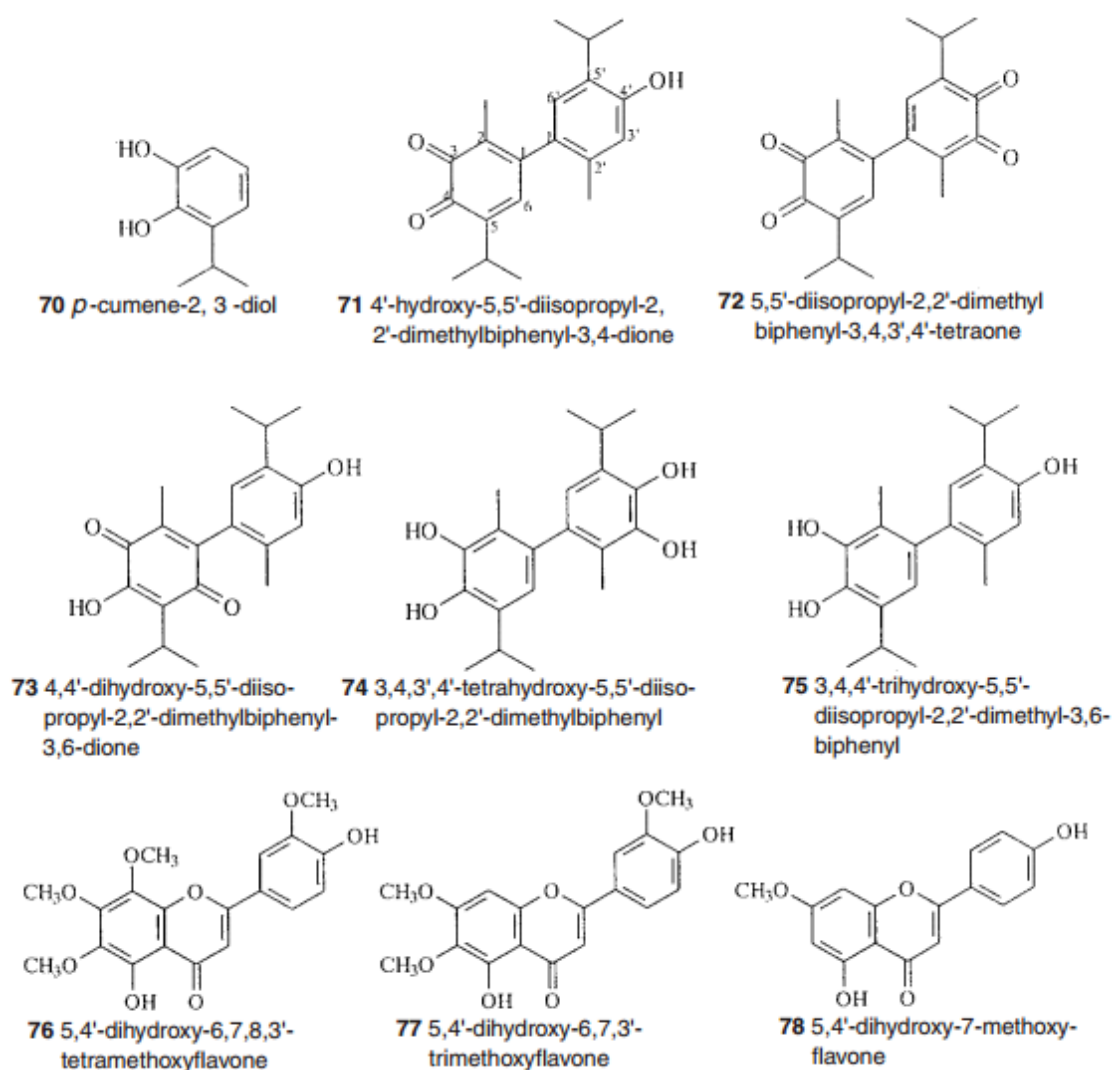


Figura N° 2.3. Antioxidantes extraídos del Tomillo (Fuente: Yanishlieva y Heinonen, 2001)

Con relación a los prebióticos y su efecto, un prebiótico ha sido definido tradicionalmente por Gibson y Roberfroid (1995) y citado en varias versiones por otros (Teitelbaum y Walker, 2002; Paterson y Burkholder, 2003) como un compuesto que es

"un ingrediente alimenticio no digerible que afecta beneficiosamente al huésped, estimulando selectivamente el crecimiento o limitando el número de bacterias en el colon y, por lo tanto, mejora la salud del huésped". Más específicamente, los prebióticos seleccionan la micro-biota ya presente en el tracto gastrointestinal (TGI) que se considera beneficiosa para el huésped o, cuando se combina con cultivos probióticos, puede estimular el crecimiento y colonización de estos microorganismos benéficos específicos, en cuyo caso la combinación resultante se denomina un simbiótico (Rastall y Maitin, 2002; Patterson y Burkholder, 2003; Rastall, 2004; Rastall *et al.*, 2005; Roberfroid, 2007; Hume, 2011).

En los años siguientes conforme se hicieron más conocidos estos compuestos, Roberfroid (2007) refinó los criterios específicos que tales compuestos deben cumplir para ser clasificados como prebióticos, además de la fermentación por microorganismos del TGI y la selección de la micro-biota beneficiosa del TGI, también deben resistir la acidez gástrica, hidrólisis enzimática de los mamíferos y absorción en el TGI. Actualmente, los compuestos prebióticos candidatos abarcan numerosos oligosacáridos relativamente no digeribles (OND) incluyendo, entre otros, productos de fructo-oligosacáridos (FOS, oligo-fructosa, fructanos de tipo inulina), trans-galacto-oligosacáridos, glico-oligosacáridos, malto-oligosacáridos, xilo-oligosacáridos, paredes celulares de levadura (manano-oligosacáridos), Gluco-oligosacáridos y glico-oligosacáridos (Gibson y Roberfroid, 1995; Monsan y Paul, 1995; Collins y Gibson, 1999; Patterson y Burkholder, 2003; Mussatto y Mancilha, 2007; Yang *et al.*, 2009). Sin embargo, como se ha señalado, muchos de estos compuestos siguen siendo considerados candidatos prebióticos, ya que sigue siendo incierto si cumplen estrictamente con todos los criterios establecidos para calificarlos como verdaderos prebióticos (Roberfroid, 2007; Hume, 2011).

Aun cuando se han obtenido expectantes resultados con la suplementación dietética de prebióticos también se han obtenido resultados experimentales contradictorios, lo que ha sido resumido por Ricke (2015), quien manifiesta que es preferible que la suplementación de la dieta con prebióticos sea acompañada con la de probióticos.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización y Duración

La presente investigación se realizó, en su fase de campo, en una explotación familiar al oeste de la ciudad de Lambayeque.



Figura N° 3.1. Vista satelital de la ciudad de Lambayeque y ubicación del lugar experimental

Según la página electrónica Google Earth, el lugar experimental está ubicado a $6^{\circ}44'05.17''\text{S}$, $79^{\circ}55'29.36''\text{O}$ y a 12 msnm.

La zona donde se realizó el ensayo se describe típicamente como desierto subtropical; con temperaturas que llegan a superar los 32°C durante e verano y en el invierno la temperatura llega a los 15°C . La precipitación pluvial es escasa, con excepción de los años en que se manifiesta el Fenómeno El Niño (ENSO); el valle se abastece de agua de riego de las avenidas de la sierra.

La fase de campo se realizó entre los meses de mayo y junio de 2016, con una duración efectiva de cuarenta y seis días experimentales.

3.2. Tratamientos evaluados

Se implementó un ensayo con los siguientes tratamientos:

T1: Testigo con antibiótico promotor del crecimiento (APC)

T2: Dieta con 0.1% del producto comercial, sin APC

T3: Dieta con 0.2% del producto comercial, sin APC

T4: Dieta con 0.3% del producto comercial, sin APC

3.3. Material y Equipo experimentales

3.3.1. Pollos

Se emplearon cien pollos Cobb-500 de un día de edad, provenientes de una planta incubadora de la ciudad de Trujillo.

Los pollitos fueron embalados y trasladados a Chiclayo por vía terrestre, en una línea interprovincial de buses; desde Chiclayo se les trasladó a Lambayeque en una camioneta rural, protegidos de las corrientes de aire.

3.3.2. Alimentos

Se empleó un programa de alimentación de dos raciones, inicio (primeros 21 días de edad) y crecimiento (22 a 46 días de edad). Se prepararon raciones de inicio para cubrir 3.0 Mcal de energía metabolizable (E. M.) y 21% de proteína cruda; en tanto que las raciones de crecimiento aportarán 3.2 Mcal de E. M. y 19% de proteína cruda. Sólo en la ración testigo se consideró la utilización de APC (zinc-bacitracina).

La composición porcentual de las raciones se presenta en el Cuadro N° 3.1., con una estimación del contenido de E. M. y proteína bruta.

El producto comercial evaluado se comercializa con el nombre de Dysantic® producido por la firma Dr Bata® Ltd (Biotechnology in Feeding) y comercializado en el

país por la firma Phartec SAC, que es representante exclusivo en el Perú de la marca de origen. Para el producto se indica que es un suplemento alimenticio con extractos de plantas, específicamente del tomillo (Thyme), del cual se obtienen aceites esenciales como el timol, carvacrol y flavonoides que poseen actividad bactericida, viricida e inmuno-modulador y de las semillas de algarrobo (St. John's bread seeds) el cual contiene sustancias como la galactopiranos (galactomananos) que son polisacáridos que actúan como prebióticos.

Cuadro N° 3.1. Composición (%) de la ración testigo para pollos de carne

Insumos	Inicio	Crecimiento
Maíz amarillo, grano molido	59.00	61.00
Afrecho de trigo	01.00	01.00
Torta de soja	31.94	32.00
Harina de pescado	03.00	-----
Aceite de soja	02.00	03.00
Carbonato de calcio	01.83	01.52
Fosfato di-cálcico	01.15	00.61
Pre-mezcla vitamínico-mineral	00.10	00.10
Bio Mos	00.10	00.10
Cloruro de colina	00.20	00.15
Bicarbonato de sodio	00.05	00.05
DL-Metionina	00.19	00.05
Sal común	00.18	00.16
Coccidiostato	00.05	00.05
Mold Zapp	00.05	00.05
Allzyme SSF	00.06	00.06
Zinc-Bacitracina	00.10	00.10
TOTAL	100.00	100.00
Aporte estimado de*:		
Proteína cruda	21.04	19.40
Energía Metabolizable, Mcal/ kilo	03.10	03.20

* Según McDOWELL *et al.* (1974)

3.3.3. Instalaciones y equipo

- Corrales, con adobe, malla de pescar y con cama de cascarilla de arroz.
- Comederos tipo tolva y bebederos sifón.
- Balanza tipo reloj, con aproximación de 25 g.
- Balanza electrónica, con una precisión de 2 g.
- Cintas de plástico, para identificación.

- Planillas de registros para pesos corporales, suministro y residuo de alimento.
- Además del equipo típico de una granja avícola.

3.4. Metodología experimental

3.4.1. Diseño de contrastación de las hipótesis

Se consideró el siguiente planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_1 : AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO

Las hipótesis se contrastaron mediante un Diseño Irrestrictamente al Azar con el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

En el que:

Y_{ij} , es la variable a evaluar;

μ , es el verdadero efecto medio;

τ_i , es el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento;

ξ_{ij} , es el verdadero efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento.

Se toleró una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (Ostle, 1979; Scheffler, 1982).

3.4.2. Técnicas experimentales

El lugar experimental fue acondicionado (aislamiento, limpieza y desinfección) con anticipación para propiciar la creación de un vacío sanitario; se prepararon los corrales para recibir a 25 pollos.

A la llegada de los animales, cada pollo fue identificado y pesado, las pesadas se realizaron cada 14 días. La asignación de cada pollito a uno de los tratamientos se hizo al azar, tomándolos en forma sucesiva de cada una de los cuatro compartimentos de la

caja en que llegaron, de esta manera se procuró aleatorizar la distribución de los sexos en cada tratamiento. El ensayo tuvo una duración efectiva de 46 días.

El alimento se preparó en piso de concreto, limpio y desinfectado; se siguió la fórmula porcentual consignada en el Cuadro N° 3.1.; sólo en el tratamiento testigo se incluyó APC (zinc-bacitracina), en el resto de tratamientos se reemplazó por el producto comercial evaluado.

El proceso de preparación del alimento fue “progresivo”; primero los insumos menores combinados entre ellos, luego con una parte de maíz y, progresivamente, se fue incorporando el resto de insumos. Así, se procuró lograr la mayor homogeneidad posible, ya que el alimento se proporcionó en la forma de harina.

El alimento se suministró en cantidades pesadas y suficientes para que los animales tuviesen disponibilidad en cualquier momento del día.

Finalizada la fase de crianza se procedió a sacrificar una muestra de pollos de cada tratamiento y aprovechar las pechugas para realizar una prueba de degustación con estudiantes, profesores y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Zootecnia; los degustadores indicaron sus preferencias entre “Regular”, “Buena”, “Muy Buena” y “Excelente”. Se obvió la clasificación “mala” por cuanto todos indicaron que les gusta el pollo. Las pechugas fueron preparadas de la misma manera y con el mismo tiempo de hervido y por la misma persona. Sólo se les puso sal y ningún condimento. A los degustadores se les entregó una cartilla para que registraran su preferencia y no se les dijo de que tratamiento procedía la carne

En cuanto a la parte sanitaria, se vacunaron los pollos contra Gumboro a los diez días y contra New Castle – Bronquitis a los 20 días de edad. Se evitó el ingreso de personas extrañas al ambiente experimental y se utilizó un desinfectante de calzado

cada vez que se ingresaba. Se evitó la presencia de otra especie animal para evitar problemas sanitarios.

3.4.3. Variables evaluadas

La información generada permitió evaluar:

- Peso y cambios en el peso vivo
- Conversión alimenticia (kilos consumidos de alimento por kilo de peso vivo incrementado)
- Mérito económico (nuevos soles gastados en alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado)
- Grado de aceptación de la carne (escala hedónica: regular, buena, muy buena, excelente).

3.4.4. Evaluación estadística

Se verificó la normalidad, aditividad y la homogénea distribución de la varianza residual entre los grupos de tratamientos para poder aplicar la técnica estadística del análisis de la varianza.

El esquema del análisis de la varianza se presenta en el Cuadro N° 3.2.

CUADRO N° 3.2. Esquema del análisis de la varianza del diseño completamente al azar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Media	Myy	1	M	
Tratamientos	Tyy	$t - 1 = 3$	T	T/ E
Residual	Eyy	$t(r-1) = 96$	E	
TOTAL	$\sum Y^2$	tr = 100		

Para la comparación entre los tratamientos se aplicó la prueba de recorrido múltiple de Duncan al 5% de probabilidad de cometer error de tipo I.

El análisis estadístico para el grado de aceptación de la carne fue la prueba de chi-cuadrado sin hipótesis a priori. Debido a que en T₂ y T₃ ninguno de los degustadores

indicó preferencia “excelente”, se procedió a unir las cantidades de los que indicaron “muy buena” y “excelente” para poder aplicar la prueba estadística.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Peso e Incremento de peso vivo

Los resultados relacionados con el peso vivo y los incrementos de peso se presentan en el Cuadro N° 4.1.

Cuadro N° 4.1. Peso vivo e incrementos de peso vivo de pollos Cobb 500 alimentados con una dieta suplementada con un producto comercial de extractos de tomillo y algarrobo europeo

Aspectos	Tratamientos			
	1	2	3	4
Pollos por tratamientos	25	25	25	25
Duración, días	46	46	46	46
Producto en la dieta, %	--	0.1	0.2	0.3
Peso inicial, g/ pollo	50.0	48.6	50.4	49.0
Peso final, g/ pollo	3152.6 ^b	3493.8 ^a	2752.4 ^c	2804.6 ^c
Incremento total de peso, g/ pollo	3102.6	3445.2	2702.0	2755.6
Incremento peso diario, g/ pollo	67.45	74.90	58.74	59.90

^{a, b} Letras diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$, Duncan)

Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, los pesos iniciales fueron de 50, 48.6, 50.4 y 49 gramos, promedio, por pollo. La prueba de homogeneidad de varianzas (Cuadro N° 8.1.) indicó la componente residual de varianzas estuvo uniformemente distribuida entre los grupos de tratamientos al inicio del ensayo.

En el mismo orden de tratamientos, los pesos finales logrados fueron de 3152.6, 3493.8, 2752.4 y 2804.6 gramos, promedio, por pollo. La prueba de homogeneidad de varianzas mostró que la componente residual de varianzas no estuvo distribuida en forma uniforme (Cuadro N° 8.2.), incumpléndose con la exigencia de homocedasticidad; por tal motivo se procedió a aplicar una transformación logarítmica de la información para poder aplicar el análisis de la varianza. Al ejecutar el análisis mencionado (Cuadro N° 8.3.) se pudo determinar que las diferencias entre los tratamientos fueron significativas ($P \leq 0.01$), procediéndose a aplicar la prueba de rango múltiple de Duncan para comparar los tratamientos. Los incrementos de peso significativamente mayores correspondieron al tratamiento 2, seguido del tratamiento 1

y luego 3 y 4. En la Figura N° 4.1. se puede apreciar que el tratamiento 2 estuvo 10.8% por encima del testigo, en tanto que los tratamientos 3 y 4 estuvieron 12.7 y 11%, respectivamente, por debajo del testigo.

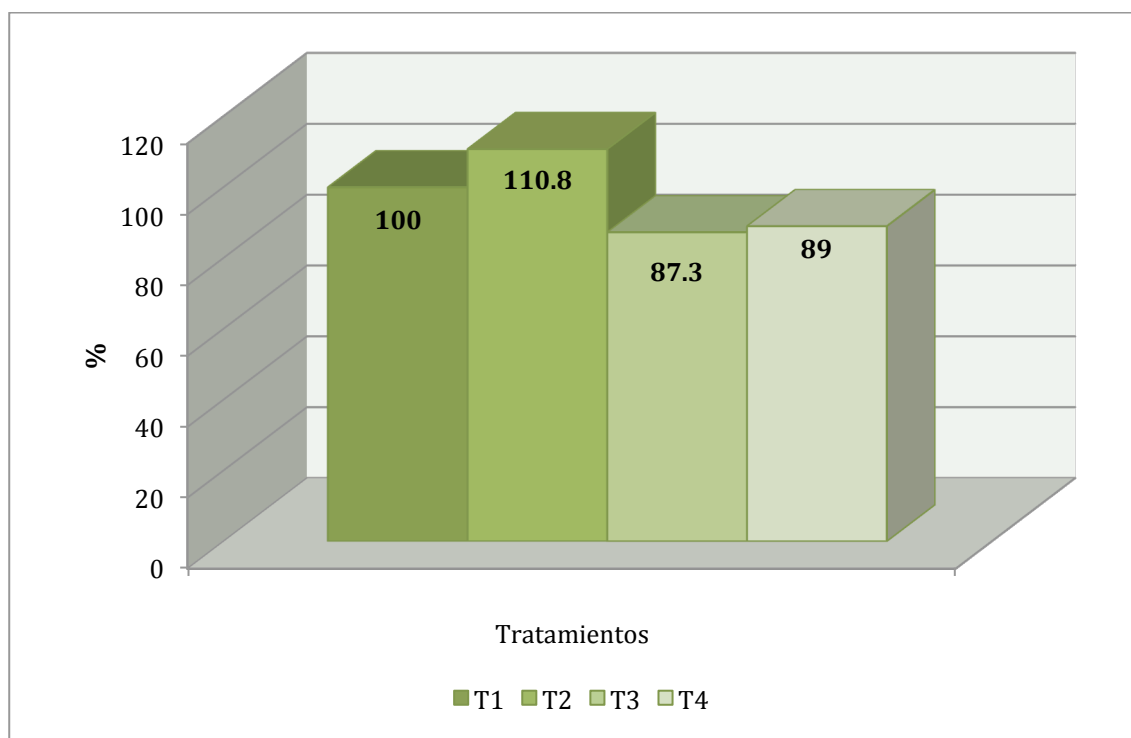


Figura N° 4.1. Comparativo porcentual entre tratamientos para peso vivo final

Los incrementos de peso vivo promedio fueron de 3102.6, 3445.2, 2702 y 2755.6 gramos respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto.

Al analizar el comportamiento del peso vivo o de los incrementos, se pudo apreciar que en todos los tratamientos se registró mortalidad; pero, sobre todo, en los tratamientos 1 y 2 con 6 y 9 muertos respectivamente. Al inicio del ensayo se establecieron las cantidades de alimento que se les iba a suministrar a los pollos, en función del manual Cobb 500. Así, en estos tratamientos los pollos dispusieron de mayor cantidad de alimento y toda vez que los incrementos de peso están en función directa de la cantidad de alimento consumida, se registraron los mayores incrementos y pesos finales.

En consecuencia, los incrementos de peso o el peso vivo final no se constituyeron en las mejores variables para poder determinar la eficacia o no del producto comercial ensayado.

Existe evidencia que los pollos de carne que disponen de mayor cantidad de alimento son capaces de alcanzar elevados incrementos de peso vivo; aunque esto no implica eficiencia productiva, necesariamente.

4.2. Conversión alimenticia

Los resultados relacionados con la conversión alimenticia (CA) de pollos de carne que recibieron un suplemento comercial de tomillo y algarrobo europeo se presentan en el Cuadro N° 4.2.

Cuadro N° 4.2. Conversión alimenticia (CA) de pollos de carne que recibieron un suplemento comercial de tomillo y algarrobo europeo en la dieta

Aspectos	Tratamientos			
	1	2	3	4
Pollos por tratamientos	25	25	25	25
Duración, días	46	46	46	46
Producto en la dieta, %	--	0.1	0.2	0.3
Consumo total de alimento, kg/ lote	105	105	105	105
Incremento total de peso, kg/ lote	58.935	55.130	56.740	60.620
CA	1.782	1.905	1.851	1.730

Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, los valores de CA fueron de 1.782, 1.905, 1.851 y 1.730 kilos consumidos de alimento para incrementar un kilo de peso vivo. Se observó que los valores de CA de los tratamientos 2, 3 y 4 representaron 106.9, 103.9 y 97.1%, respectivamente, del valor logrado con el testigo (Figura N° 4.2.); es decir los tratamientos 2 y 3 fueron menos eficientes que el testigo (con APC) en 6.9 y 3.9%, respectivamente; en tanto que el tratamiento 4 (con 0.3% del producto comercial) ya fue más eficiente que el testigo, en 2.9%. Conforme se incrementó la proporción del producto con tomillo y algarrobo europeo fue mejorando la eficiencia de utilización del alimento hasta lograr superar al testigo, es decir al APC (Zinc-Bacitracina).

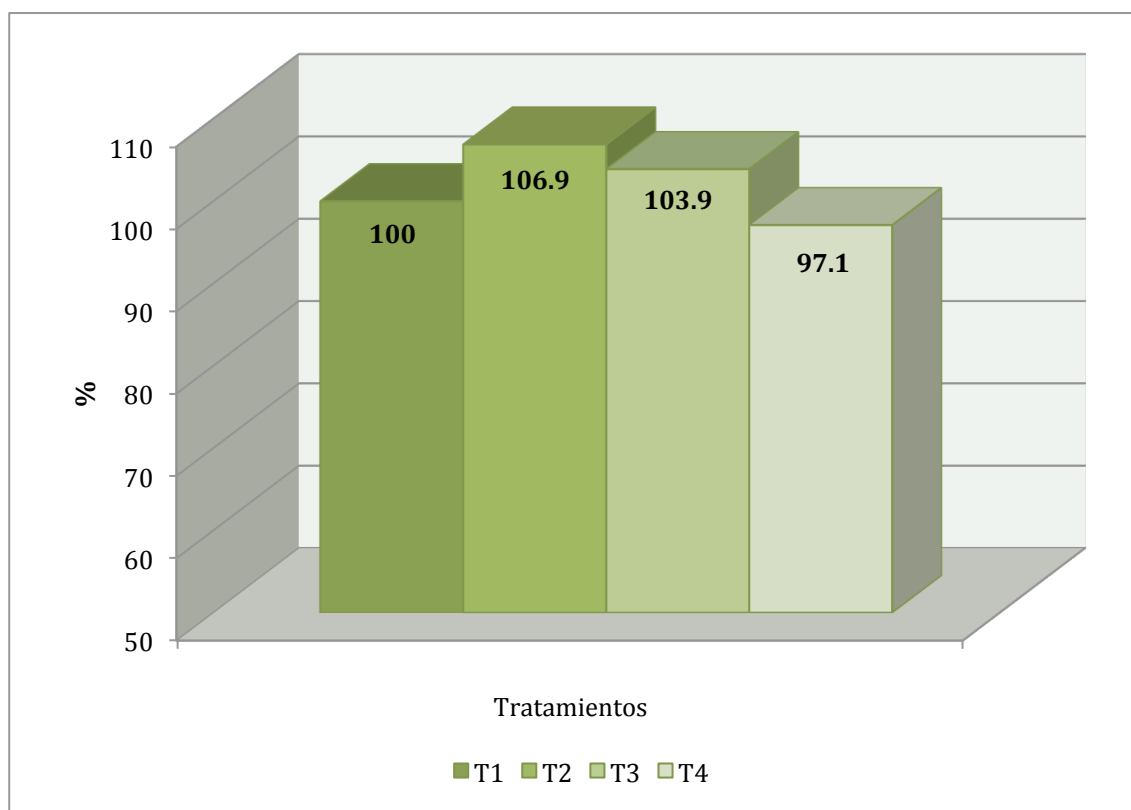


Figura N° 4.2. Comparativo porcentual entre tratamientos para C. A.

Como se mencionó en el acápite anterior, sobre los incrementos de peso vivo, la eficiencia se puede medir con la conversión alimenticia; es indudable que cuando se consume menos alimento para incrementar una unidad de peso es una situación preferible, dentro de rubros de incremento de peso aceptables para el mercado. En los tratamientos 3 y 4 los incrementos de peso vivo fueron superiores a los 2.7 kilos, los que son muy buenos para los agentes comercializadores, los que tienen cierto desapego a la comercialización de pollo muy grandes. Esto se debe a que cuando las amas de casa buscan carcasa completa buscan piezas de alrededor de los dos kilos.

Cuando se puede mejorar 3% de eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso vivo los productores consideran que el margen económico tiende a ser mejor. Por otro lado, es posible que la suplementación de los fitobióticos permita el logro de otras ventajas en el pollo, como en el caso de la mejor aceptación de la carne por parte del consumidor o la posibilidad de menores mermas en el peso de la carcasa.

Como ha sido indicado por del Toro (2016), en la actualidad, existe gran debate entre los investigadores de la comunidad científica, porque el concepto de nutraceuticos o fitobióticos redefine las líneas divisorias tradicionales entre los alimentos y los medicamentos. Además, de la actividad antimicrobiana, suelen poseer otras actividades biológicas beneficiosas, que, por su acción sobre el sistema enzimático, mejoran el apetito y optimizan la absorción de nutrientes. Así, poseen poder antiinflamatorio, inmunomoduladores, espasmolíticas y sedantes. Dentro de los mecanismos de acción, se pueden citar: disminución de la oxidación de los aminoácidos, ejercen una acción antimicrobiana sobre algunos microorganismos intestinales y favorecen la absorción intestinal, estimulan la secreción de enzimas digestivas, aumentan la palatabilidad de los alimentos, estimulan su ingestión, y mejoran el estado inmunológico.

Hassler (1996) y Aroche (2015) complementan las apreciaciones que se tienen sobre los insumos vegetales que pueden suplementar a las dietas de los animales de interés zootécnico considerándolos como alimentos funcionales por las diferentes funciones benéficas sobre el organismo.

Una pregunta pertinente es, ¿qué puede hacer que el producto comercial (combinación de tomillo y algarrobo europeo) se comporte más eficientemente en la utilización del alimento para incrementar peso vivo? La respuesta no se decanta por una acción única sino compleja (múltiple). Para entenderlo se debe considerar las diferentes acciones reportadas para ambas especies, buscando la finalidad de complementación entre ellas; anti-oxidante, anti-bacteriano, estimulante del metabolismo, etc., por parte del tomillo y la acción prebiótica indicada para el extracto de semillas de algarrobo europeo.

Timol y carvacrol son dos sustancias de importante acción antibacteriana, sobre todo el timol, presentes en el tomillo; cuando actúan en conjunto han manifestado efecto

sinérgico para disminuir la concentración inhibitoria mínima (más eficiencia) antibacteriana; como ha sido indicado por Miladi *et al.* (2016).

La acción prebiótica por parte del extracto de semillas del algarrobo europeo se centra en que favorecería la proliferación de bacterias de tipo benéfico permitiendo el control de las de tipo patógeno, ya sea por exclusión competitiva como por la producción de bacteriocina. Así mismo, el cambio en las condiciones del entorno intestinal, para favorecer a las poblaciones de bacterias del tipo benéfico, generarían una serie de situaciones del tipo nutricional (síntesis de vitaminas del complejo B, mejor absorción de minerales, menor incidencia de diarreas, entre otras), que le confieren una categorización como alimento funcional (Ortega *et al.*, 2011; Youssef *et al.*, 2013; Seczye *et al.*, 2016) en beneficio del comportamiento productivo de los pollos de carne.

La potencialidad del tomillo para mejorar el rendimiento debido a su acción antimicrobiana se puede deber, como ha indicado Burt (2004) y Bakkali *et al.* (2008), a sus probables múltiples modos de acción sobre las bacterias; así se conservarían las condiciones saludables del epitelio intestinal, se mejoraría la absorción de nutrientes y, en consecuencia, la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo. Por otro lado, también es importante la acción benéfica sobre la calidad del alimento, ya que podría actuar como antimicótico o antibacteriano a nivel del alimento preparado y guardado hasta su empleo.

Las investigaciones han indicado que en todo proceso de alimentación se dan situaciones de presentación y acción de radicales libres; estos destruyen tejidos y el organismo debe repararlos, así la utilización de los nutrientes del alimento se destinarían a la reparación y no a la síntesis de mayor masa muscular; en consecuencia, la no neutralización de los radicales libres atenta contra la eficiencia de utilización del alimento, obteniéndose conversiones alimenticias ineficientes.

El tomillo se comportaría como un donador de antioxidantes de los denominados “de rotura de cadena”, los que aceptarían radicales libres neutralizándolos (Dasgupta y Klein, 2014).

4.3. Mérito económico

Los resultados referentes al mérito económico de pollos de carne alimentados con una dieta con un producto comercial de tomillo y algarrobo europeo se presentan en el Cuadro N° 4.3.

Cuadro N° 4.3. Mérito económico (ME) de pollos de carne alimentados con una dieta que incluyó un producto comercial con tomillo y algarrobo europeo

Aspectos	Tratamientos			
	1	2	3	4
Pollos por tratamientos	25	25	25	25
Duración, días	46	46	46	46
Producto en la dieta, %	--	0.1	0.2	0.3
Gasto total en alimento, s/. / lote	174.2	174.2	174.31	174.41
Incremento total de peso, kg/ lote	58.935	55.130	56.740	60.620
ME	2.96	3.16	3.07	2.88

Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, se obtuvo valores de ME de 2.96, 3.16, 3.07 y 2.88 soles gastados en alimento para incrementar un kilo de peso vivo. Se procedió a utilizar el valor obtenido con el tratamiento testigo (2.96 soles) como referente y se comparó los valores de los tratamientos 2, 3 y 4 en forma porcentual; así, el tratamiento 2 fue económicamente menos eficiente que el testigo en 6.8%, el tratamiento 3 fue menos eficiente en 3.7% y el tratamiento 4 fue más eficiente que el testigo en 2.7%. El comparativo porcentual entre tratamientos se ilustra en la Figura N° 4.3.

Se pudo apreciar que los comparativos porcentuales entre la CA y el ME son muy parecidos; esto se debió a que, básicamente, el reemplazo del APC por el producto ensayado no encareció al alimento en gran medida y, dado que el tratamiento 4 fue más eficiente en CA mostró un ME también más eficiente.

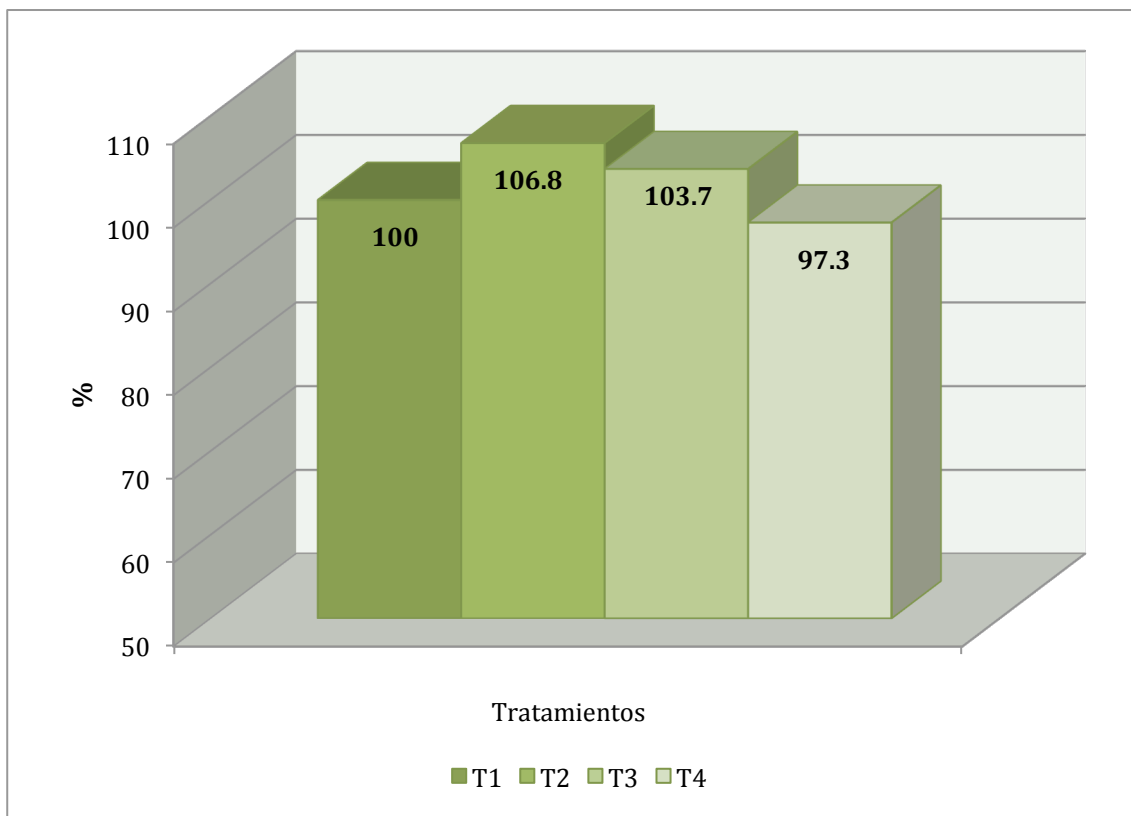


Figura N° 4.3. Comparativo porcentual entre tratamientos para ME

Es importante tener en consideración que algunos aspectos beneficiosos de los fitobióticos no se ha tenido en cuenta en la presente investigación, que podrían haber inclinado aun más la balanza del beneficio económico a favor del empleo del producto con tomillo-algarrobo europeo.

Entre estos aspectos se tiene que la capacidad antioxidante mejoraría la conservación del peso de la carcasa por más tiempo; mejor grado de aceptación de la carne, lo que podría mejorar las condiciones de comercialización; el hecho del no empleo de APC, reduciéndose, así, el potencial de presentación de bacterias antibiótico-resistentes.

Es necesaria investigación adicional que permita determinar el primer posible efecto indicado; en cuanto al segundo, se ha avanzado en la presente investigación, pero es necesaria la participación de degustadores especializados; en cuanto a la tercera, se requiere de investigación cooperativa con la microbiología y la medicina.

Los resultados obtenidos con el tratamiento 4 (0.3% del producto en la dieta) evidencian la conveniencia del empleo del producto ensayado en la alimentación de los pollos de carne.

4.4. Grado de aceptación de la carne

Los resultados relacionados con el grado de aceptación de la carne (pechuga) de pollos que recibieron un producto comercial a base de tomillo y algarrobo europeo en la dieta se presentan en el Cuadro N° 4.4.

Cuadro N° 4.4. Grado de aceptación (%) de la carne de pollos que recibieron un producto comercial a base de tomillo y algarrobo europeo en la dieta

Aceptación	T₁	T₂	T₃	T₄
Regular	10.0	50.0	23.3	13.3
Buena	63.0	33.3	33.3	33.3
Muy buena	17.0	16.7	43.3	30.7
Excelente	10.0	---	---	23.3

Respectivamente para la preferencia “regular”, “buena”, “muy buena” y “excelente” se registró 10, 63, 17 y 10%, respectivamente, dentro de T₁; 50, 33.3, 16.7 y 0%, respectivamente, dentro de T₂; 23.3, 33.3, 43.3 y 0%, respectivamente, dentro de T₃ y 13.3, 33.3, 30.7 y 23.3%, respectivamente, dentro de T₄.

El análisis estadístico ($\chi^2 = 24.15$) indicó que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos para el grado de aceptación de la carne.

Se puede apreciar que a partir de T₃ (0.2% del producto) se dio un viraje en el grado de aceptación, 43.3% de los degustadores indicó aceptación “muy buena”; en tanto que para T₄ 30.7% dijo “muy buena” y 23.3% indicó “excelente”, la suma de ambos grados de aceptación fue de 54%.

En el caso del testigo, 63% de los degustadores manifestó una aceptación “buena”; indicando que este tratamiento dio lugar a la carne a la que la mayoría está acostumbrada. El comportamiento de las cifras en T₃ y T₄ es indicativo del mayor efecto sobre el sentido del gusto.

La información indica que los cambios en el grado de aceptación de la carne se deberían a la presencia de los compuestos de los productos vegetales, conocidos comúnmente como “aceites esenciales”. Según Alonso (2004), en la composición química del tomillo se considera para el **aceite esencial** (0,8 - 2,5 %): fundamentalmente timol (40%), p-cimeno (15 – 50%), alcanfor (11 – 16%), carvacrol (2.5 – 14.6 %), linalol (4%), 1,8-cineol (3%), γ -terpineno (1-5%), borneol, acetato de bornilo, acetato de linalino, geraniol, α y β -pineno, limoneno. Cada una de estas sustancias, además de sus propiedades químicas que influyen sobre tejidos y bacterias, tienen sabores característicos, razón por la que el tomillo es empleado como especia; así, al ser los aceites esenciales metabolizados con los lípidos, confieren sabor y aroma diferentes a las carnes.

Diferentes trabajos de investigación realizados en nuestra Universidad han evidenciado que la carne de pollos, pavos, patos, etc., puede ser mejor aceptada con la inclusión de especias del tipo romero, orégano, tomillo, cúrcuma, etc. (Mendoza H., 2005; Mendoza B., 2006; Cubas, 2006; Tarrillo, 2007; Vásquez, 2009; Becerra, 2014; Clavo, 2014; Leyton, 2014; Soplopucó, 2014).

La aceptación de la carne reúne una serie de aspectos, dentro de los que se encuentran el sabor, el olor, la textura, la jugosidad, la presencia de residuos durante la masticación, etc. y la evaluación de cada uno y en conjunto de estos es muy subjetiva y compleja, ya que existen interacciones entre ellos. El sabor de la carne, al igual que ocurre con el aroma, es muy difícil de evaluar y de describir. Ambas características apenas son separables, ya que las sensaciones odoríferas repercuten en el sabor. Eliminando las sensaciones odoríferas es extraordinariamente difícil distinguir el sabor de la carne. El genuino sabor cárnico aparece después de la preparación culinaria. La edad del animal, el tipo de alimento y el tiempo y condiciones de almacenamiento de la

carne después de la muerte afectan el sabor de la carne cocinada. El sabor de la grasa de la carne normal es muy suave o imperceptible; no obstante, la grasa contribuye o afecta de diversos modos el aroma de la carne. Aparte de que el sabor puede ser afectado por la oxidación de la grasa, los productos de su degradación, etc., los tejidos grasos pueden contener diversas sustancias odoríferas o sápidas; unas son características de la especie o sexo, otras proceden de los alimentos (Ejemplo: harina de pescado, ajo o insecticidas) y otras impregnan la carne durante el procesado o almacenamiento (Ejemplo: detergentes perfumados, olores del refrigerador, etc.) (Bratzler, 1976).

Los resultados de diversas investigaciones sugieren que los lípidos pueden ser, por supuesto, responsables de los aromas distintivos de las diferentes carnes y, además, que la oxidación de los lípidos interviene en la aparición del aroma de la carne vacuna o de cerdo, pero no en la formación del aroma de la carne de cordero. Se ha confirmado organolépticamente la hipótesis de que las carnes magras de diversas especies tienen esencialmente el mismo aroma básico y que el aroma propio o característico de la especie se debe a la grasa. Los lípidos afectan al aroma de la carne, no sólo en virtud de su composición en ácidos grasos, sino también por constituir un reservorio de sustancias odoríferas liposolubles (Horstein, 1976).

Según Forrest *et al.* (1979), muchas de las respuestas psicológicas y fisiológicas experimentadas al comer carne son consecuencia del sabor y aroma del producto. El sabor y aroma a carne estimulan la liberación de saliva y de jugo gástrico ayudando, así, al proceso digestivo. Las sensaciones de sabor y aroma originadas son consecuencia de la combinación de factores difíciles de separar. Fisiológicamente la percepción del sabor implica las cuatro sensaciones básicas (salina, dulce, ácida y amarga) por las terminaciones nerviosas de la superficie de la lengua. El aroma se detecta cuando numerosos materiales volátiles estimulan las terminaciones nerviosas de la mucosa de

los conductos nasales. La sensación total es una combinación de estímulos gustativos (gusto) y olfativos (olor). Los componentes de la carne responsables del sabor y del aroma no han sido totalmente identificados. Es posible que muchos componentes del tejido una vez calentados se conviertan en agentes del sabor. Existen ciertas pruebas que demuestran que el inosinmonofosfato (IMP) y la hipoxantina aumentan el sabor y el aroma. Puesto que el IMP y la hipoxantina son productos de degradación del ATP es obvio que los músculos con grandes reservas energéticas serán los que tengan un sabor más pronunciado.

Adrianzén (2003), trabajando con pavos Bronze, reportó mejoras en el grado de aceptación de la carne al incluir cúrcuma en la dieta. En tanto que con pollos de carne, Mendoza (2005) reporta mejoras considerables en el sabor al emplear una combinación de sustancias fitobióticas (achiote, cúrcuma y semillas de molle); adicionando canela y jengibre a la combinación anterior, Mendoza (2006) también logró mejoras considerables en el grado de aceptación de la carne. Tanto en el caso de pavos como de pollos de carne los materiales empleados son considerablemente distintos al Apio, dado que tienen sabores fuertes (cúrcuma, jengibre) característicos que se unen estrechamente a la poca grasa que pueda quedar en la carcasa. Si bien el Apio es aromático, no es mordiente como en el caso de las especies evaluadas por los autores citados inmediatamente antes. Leyton (2014), trabajando con pollos de carne, empleó semillas de molle en la dieta y logra mejoras sustanciales en el grado de aceptación de la carne. Por otro lado, Soplopucó (2014), trabajando con patos criollos mejorados, evaluó el efecto de la inclusión de tomillo en la dieta y determinó que se mejora el grado de aceptación de la carne.

Al haber mejorado el incremento de peso, la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso, el mérito económico, y el grado de aceptación de la

carne resulta pertinente recomendar el empleo de 0.3% del producto evaluado (tomillo-algarrobo europeo) en la alimentación del pollo de carne.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los incrementos de peso vivo fueron influenciados por el nivel de consumo de alimento; con el tratamiento 2 (0.1% del producto evaluado) se logró el mayor peso vivo final ($P \leq 0.05$).
2. La mejor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso vivo se logró con el tratamiento 4 (0.3% del producto evaluado), superando al testigo en 2.9%.
3. El mérito económico fue mejorado con 0.3% del producto evaluado con una tendencia parecida a la lograda con la conversión alimenticia.
4. Con 0.2 y 0.3% del producto evaluado se mejoró el grado de aceptación de la carne, inclinándose a aceptaciones de “muy buena” y “excelente”.

Recomendándose:

1. Emplear 0.3% del producto comercial proveedor de tomillo y semillas de algarrobo europeo por permitir mayor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso, mejor mérito económico y mayor grado de aceptación de la carne.
2. Determinar un programa de utilización del producto en función de las categorías de edad de los pollos de carne.
3. Evaluar el producto en la alimentación de otras aves productoras de carne, determinando su efecto sobre la características de la carne, además del rendimiento.

VI. RESUMEN

Cien pollos de carne de la línea Cobb-500 de un día de edad y de ambos sexos, se emplearon en un ensayo de alimentación para determinar el efecto sobre el incremento de peso, conversión alimenticia, mérito económico y grado de aceptación de la carne del suministro de la dieta en la que se incluyó diferentes proporciones de un producto comercial constituido por tomillo (*Thymus vulgaris*) y semillas de algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua*). Se implementaron cuatro tratamientos: T₁, testigo; T₂, 0.1%; T₃, 0.2%; y T₄, 0.3% del producto en la dieta. Sólo el tratamiento testigo incluyó antibiótico promotor del crecimiento (APC). El ensayo tuvo una duración de 46 días, finalizada la fase de crianza se implementó una prueba de degustación con estudiantes, profesores y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, se prepararon pechugas mediante hervido en agua sólo con sal, sin condimentos, por el mismo tiempo y preparadas por la misma persona. Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto se obtuvo incrementos de peso de 3102.6, 3445.2, 2702 y 2755.6 gramos por pollo; conversión alimenticia de 1.782, 1.905, 1.851 y 1.730 kilos; mérito económico de 2.96, 3.16, 3.07 y 2.88 soles; con 0.2 y 0.3% del producto el grado de aceptación de la carne viró hacia aceptaciones “muy buena” y “excelente”. Así, el producto (0.3%) permitió mejorar la eficiencia de utilización del alimento, el mérito económico y el grado de aceptación de la carne. Por lo expuesto, se recomienda su empleo.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Adrianzén, G. 2003. *Curcuma longa* en la dieta de pavos bronze B.U.T. 608, su efecto sobre el rendimiento y sabor de la carne. Tesis para optar el título profesional de Ing. Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Aeschbach, R., J. L. Ölinger, B. C. Scott. 1994. Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. *Food and Chemical Toxicology*, 32 (1): 31–36.
- Ahmed, M. M., 2010. Biochemical studies on nephroprotective effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) growing in Egypt. *Nature and Science*, 8: 41–47.
- Alonso, J. 2004. Tratado de Fitofármacos y Nutracéuticos. 1a ed. Argentina. Pp. 928 - 230 , 1037-1041.
- Aroche, R. 2015. Efecto del polvo mixto de plantas con propiedades nutraceuticas en los indicadores biológicos de cerdos en crecimiento. Tesis Master en Producción Porcina. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granma. Bayamo, República de Cuba.
- Avallone, R., M. Plessi, M. Baraldi, and A. Monzani. 1997. Determination of chemical composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10: 166-172.
- Bakkali, F., S. Averbeck, D. Averbeck, and M. Isaomar. 2008. Biological effects of essential oils - A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446-475.
- Batlle, I., and J. Tous. 1997. Carob Tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. vol. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Becerra, D. 2014. Rendimiento y calidad de carcasa de pollos de carne por inclusión de residuo de ají (*Capsicum annuum*) en la dieta. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Bouzouita, N., A. Khaldi, S. Zgoulli, R. Chebil, R. Chekki, M. M. Chaabouni, M. M. 2006. The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia. *Food Chemistry*, 101: 1508–1515.
- Braga, P. C., M. Dal Sasso, M. Culici, T. Bianchi, L. Bordoni, and L. Marabini. 2006. Anti-inflammatory activity of thymol: inhibitory effect on the release of human neutrophil elastase. *Pharmacology*, 77 (3): 130–136.
- Brand, E. 1984. Carob. *Nutrition and Food Science*, 91(6): 22–24.
- Bratzler, L. J. 1976. Características organolépticas de la carne. In: Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos (PRICE, J.F. y B.S. SCHWEIGERT, eds.) Acirbia. Zaragoza, España.
- Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223-253.
- Clavo, E. 2014. Cúrcuma (*Curcuma longa*), Romero (*Rosmarinus officinalis*) y Canela (*Cinnamomum zeylanicum*), en proporción 50: 30: 20, en la dieta de pollos de carne. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Collins, M. D., and G. R. Gibson. 1999. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Am J Clin Nutr.* 69:1052S-1057S.

- Corsi, L., R. Avallone, F. Cosenza, F. Farina, C. Baraldi, and M. Baraldi. 2002. Antiproliferative effects of *Ceratonia siliqua* L. on mouse hepatocellular carcinoma cell line. *Fitoterapia*, 73: 674–684.
- Cubas, M. 2006. Respuesta productiva del pavo Hybrid Super Medium en crecimiento por efecto de la suplementación de la dieta con puerro (*Allium porrum*). Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Curtis, A., D. Race, and B. Booth. 1998. Carob agroforestry in the low rainfall: A market and economic assessment. Publication No. 98/8. Australia: Rural Industry Research and Development Corporation (RIRDC).
- Dasgupta, A. and K. Klein. 2014. Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements: Prevention and Treatment of Disease. Elsevier. San Diego, CA, USA.
- Del Carpio H., S. R. B. y P. A. Del Carpio R. 2016. Fuentes de antioxidantes naturales en la alimentación de animales de interés zootécnico y su efecto sobre el rendimiento. Conferencia presentada en la XXXIX Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Del Toro, M. I. 2016. Caracterización físico-química de la harina de tallos de *Agave fourcroydes* y su adición nutracéutica en las dietas para conejos de ceba. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granma. Bayamo, Cuba.
- Dionísio, M., and A. Grenha. 2012. Locust bean gum: Exploring its potential for biopharmaceutical applications. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 4(3): 175–185.
- Essawi, T. and M. Srour. 2000. Screening of some Palestinian medicinal plants for antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 70 (3): 343–349.
- Estrada, S. 2010. Determinación de la actividad antibacteriana *in vitro* de los extractos de romero (*Rosmarinus officinalis*) y tomillo (*Thymus vulgaris*). Tesis. Escuela de Bioquímica y Farmacia, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Forrest, J. C.; E. D. Aberle; H. B. Hedrick; M. D. Judge, y R. A. Merkel. 1979. Fundamentos de la Ciencia de la Carne. Acribia. Zaragoza, España.
- Gharnit, N., N. El Mtili, A. Ennabili, and F. Sayah. 2006. Pomological characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from the province of Chefchaouen (NW of Morocco). *Moroccan Journal of Biology*, 2–3, 1–11.
- Gibson, G and M. Roberfroid. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota introducing the concept of prebiotic. *J. Nutr.* 125: 1401.
- Hassler, C. M. 1996. Functional Food: the Western perspectives. *Nutr. Rev.* 11: 6.
- Hoefler, A. C. 2004. Hydrocolloids. In: Eagan press handbook series. St. Paul, Minnesota: Eagan Press.
- Horstein, I. 1976. Química del aroma de la carne. In: Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos (PRICE, J.F. y B.S. SCHWEIGERT, eds.) Acribia. Zaragoza, España.
- Hudaib, M., E. Speroni, A. M. Di Pietra, and V. Cavrini. 2002. GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 29 (4): 691–700.
- Hume, M. E. 2011. Historic perspective: Prebiotics, probiotics, and other alternatives to antibiotics. *Poultry Science*, 90:2663–2669.
- Karababa, E., and Y. Coşkun. 2013. Physical properties of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): an industrial gum yielding crop. *Ind. Crop. Prod.* 42: 440–446.

- Kivçak, B., T. Mert, H. T. Ozturk. 2002. Antimicrobial and cytotoxic activity of *Ceratonia siliqua* L. Extracts. *Turk Journal Biology*, 26: 197–200.
- Kumazawa, S., M. Taniguchi, Y. Suzuki, M. Shimura, M. Kwon, and T. Nakayama. 2002. Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *J. Agric. Food Chem.* 50, 373– 377.
- Leyton, C. 2014. Semillas de molle (*Schinus molle*) en la dieta de pollos de carne. Tesis para optar el título profesional de Ing. Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- McDowell, L. R.; J. H. Conrad; J. E. Thomas, and L. E. Harris. 1974. Latin American Tables of Feed Composition. University of Florida. Gainesville, Florida, USA.
- Mendoza H., E. M. 2005. Interacción de achiote (*Bixa orellana*), cúrcuma (*Curcuma longa*) y molle (*Schinus molle*) sustituyendo al antibiótico promotor del crecimiento en la dieta de pollos de carne. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Mendoza B., T. Y. 2006. Rendimiento de pollos de carne que recibieron fitobióticos en la dieta, sin APC y sin coccidiostato, en Cutervo. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Miladi, H., T. Zmantar, Y. Chaabouni, K. Fedhila, A. Bakhrouf, K. Mahdouanni, K. Chaieb. Antibacterial and efflux pump inhibitors of thymol and carvacrol against food-borne pathogens, *Microbial Pathogenesis* (2016), doi: 10.1016/j.micpath.2016.08.008
- Miura, K., H. Kikuzaki, and N. Nakatani. 2002. Antioxidant activity of chemical components from sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) measured by the oil stability index method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (7): 1845–1851.
- Monsan, P., and F. Paul. 1995. Enzymatic synthesis of oligosaccharides. *FEMS Microbiol. Revs.* 16:187–192.
- Mussatto, S. I., and I. M. Mancilha. 2007. Non-digestible oligosaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers*, 68:587–597.
- Neukom, H. 1988. Carob bean gum: properties and applications. In: P. Fito & A. Mulet (Ed.), II International Carob Symposium (pp. 551–555). Valencia, Spain.
- Nyerges, C. 1978. The chocolate that is good for you. *Organic Gardening*, 12: 122–126.
- Ortega, N., A. Macià, M.-P. Romero, J. Reguant, and M.-J. Motilva. 2011. Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-vitro digestion model. *Food Chemistry*, 124(1): 65–71.
- Ostle, B. 1979. Estadística Aplicada. Limusa. México. 629 pp.
- Patterson, J. A., and K. Burkholder. 2003. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poult. Sci.* 82:627–631.
- Rastall, R. 2004. Bacteria in the gut: Friends and foes and how to alter the balance. *J. Nutr.* 134:2022S–2026S.
- Rastall, R. A., G. R. Gibson, H. S. Gill, F. Gaurner, T. R. Klaenhamer, B. Pot, G. Reid, I. R. Rowland, and M. E. Sanders. 2005. Modulation of the microbial ecology of the human colon by probiotics, prebiotics and synbiotics to enhance human health: An overview of enabling science and potential applications. *FEMS Microbiol. Ecol.* 52:145–152.
- Rastall, R. A., and V. Maitin. 2002. Prebiotics and synbiotics: towards the next generation. *Curr. Opin. Biotechnol.* 13:490–496.
- Ricke, S. C. 2015. Potential of fructooligosaccharide prebiotics in alternative and nonconventional poultry production systems. *Poultry Science*, 94:1411–1418.

- Rizzo, V., F. Tomaselli, A. Gentile, S. La Malfa, and E. Maccarone. 2004. Rheological properties and sugar composition of locust bean gum from different carob varieties (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 7925–7930.
- Roberfroid, M. 2007. Prebiotics: The concept revisited. *Journal of Nutrition*, 137:830S–837S.
- Roseiro, L. B., L. C. Duarte, D. L. Oliveira, R. Roque, M. G. Bernardo-Gil, A. I. Martins, C. Sepúlveda, J. Almeida, M. Meireles, F. M. Girio, and A. P. Rauter. 2013a. Super-critical, ultrasound and conventional extracts from carob (*Ceratonia siliqua* L.) biomass: effect on the phenolic profile and antiproliferative activity. *Ind. Crop. Prod.* 47, 132–138.
- Roseiro, L.B., C. S. Tavares, J. C. Roseiro, and A. P. Rauter. 2013b. Antioxidants from aqueous decoction of carob pods biomass (*Ceratonia siliqua* L.): optimization using response surface methodology and phenolic profile by capillary electrophoresis. *Ind. Crop. Prod.* 44, 119–126.
- Sandolo, C., T. Coviello, P. Matricardi, and F. Alhaique. 2007. Characterization of polysaccharide hydrogels for modified drug delivery. *European Biophysics Journal*, 36(7), 693–700.
- Scheffler, E. 1982. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Sebai, H., A. Souli, L. Chehimi, K. Rtibi, M. Amri, J. El-Benna, and M. Sakly. 2013. In vitro and in vivo antioxidant properties of Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.). *J. Med. Plants Res.* 7 (2), 85–90.
- Sęczyk, Ł., M. Świeca, and U. Gawlik-Dziki. 2016. Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food Chemistry*, 194: 637–642.
- Soliman, K. M. and R. I. Badlaa. 2002. Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology*, 40 (11): 1669–1675.
- Soplopucó, W. 2014. Tomillo (*Thymus vulgaris*) en la dieta de patos. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Suzuki, Y. and H. Furuta. 1988. Stimulation of guinea pig neutrophil superoxide anion-producing system with thymol. *Inflammation*, 12 (6): 575–584.
- Tarrillo S., J. 2007. Culantro (*Coriandrum sativum*), huacatay (*Chenopodium ambrosioides*), hierba buena (*Mentha sativa*), perejil (*Petroselinum crispum*) en la dieta de pollos de carne en crecimiento. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Teitelbaum, J. E., and W. A. Walker. 2002. Nutritional impact of pre- and probiotics as protective gastrointestinal organisms. *Ann. Rev. Nutr.* 22:107–138.
- Turnbull, L. A., L. Santamaria, T. Martorell, J. Rallo, and A. Hector. 2006. Seed size variability: From carob to carats. *Biology Letters*, 2: 397–400.
- Vásquez B., W. G. 2009. Rendimiento de pavos de carne con carnitina y poro (*Allium porrum*) en la dieta. Tesis. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Vekiari, A.S., G. Ouzounidou, G. Gork, M. Ozturk, and M. Asfi. 2012. Compositional changes of major chemical compounds in Greek carob pods during development. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* 26: 343–351.
- Venturini, M. E., D. Blanco, and R. Oria. 2002. In vitro antifungal activity of several antimicrobial compounds against *Penicillium expansum*. *Journal of Food Protection*, 65 (5): 834–839.

- Wang, Y., S. B. Belton, H. Bridon, E. Garanger, N. Wellner, and M. L. Parker, M. L. 2001. Physicochemical studies of caroubin: A gluten like protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 3414–3419.
- Wikipedia. 2016. *Ceratonia siliqua*. [es.wikipedia.org/wiki/Ceratonia_siliqua] [Accedido en abril de 2016].
- Yang, Y., P. A. Iji, and M. Choct. 2009. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: A review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World's Poult. Sci. J.* 65: 97–114.
- Yanishlieva, N. and I. M. Heinonen. 2001. Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. In: Antioxidants in Food – Practical applications. (J. Pokorny, N. Yanishlieva, and M. Gordon, Eds.) CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Yousif, A. K., and H. M. Alghzawi. 2000. Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*, 69: 283–287.
- Youssef, M. K. E., M. M. El-manfaloty, and H. M. Ali. 2013. Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Food Chemistry*, 3(6): 304–308.
- Zunft, H. J. F., W. Lüder, A. Harde, B. Haber, and H. J. Graubaum. 2001. Carob pulp preparation for treatment of hypercholesterolemia. *Adv. Therap.* 18 (5): 230–236.

VIII. APÉNDICE

Cuadro N° 8.1. Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos iniciales

Muestra	SC _i	GL	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	GL x log ₁₀ S ² _i
1	600.00	24	25.0000	1.3979	33.5506
2	526.00	24	21.9167	1.3408	32.1786
3	446.00	24	18.5833	1.2691	30.4590
4	500.00	24	20.8333	1.3188	31.6502
Suma	2072.00	96	-----	-----	127.8384

$$S^2 = 21.5833$$

$$B = 128.0754$$

$$\chi^2 = 0.55^{NS}$$

Varianzas homogéneas

Cuadro N° 8.2. Prueba de homogeneidad de varianzas con los pesos finales

Muestra	SC _i	GL	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	GL x log ₁₀ S ² _i
1	62368.42	18	3464.91	3.5397	063.7145
2	1214375.00	15	80958.33	4.9083	073.6239
3	3632380.95	20	181619.05	5.2592	105.1832
4	104545.00	21	4978.36	3.6971	077.6388
Suma	5013669.83	74	-----	-----	320.1604

$$S^2 = 67752.30$$

$$B = 357.4884$$

$$\chi^2 = 85.95^{**}$$

Varianzas no homogéneas

Cuadro N° 8.3. Análisis de la varianza con los pesos finales (información corregida logarítmicamente debido a la heterogeneidad de las varianzas)

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signific.
Media	942.4722	1	-----		
Tratamientos	0.1527	3	0.0509	46.2	**
Residual	0.0816	74	0.0011		
TOTAL	942.7065	78			

CV=0.95%

$$S_{media} = 0.00742$$

Tratam.	2	3	4
AES	2.95	3.10	3.18
DLS	0.0217	0.0230	0.0236

$$T_2 = 3.542^a; T_1 = 3.4986^b; T_4 = 3.4477^c; T_3 = 3.4352^c$$

Cuadro N° 8.4. Análisis de covarianza entre peso inicial (X) y pesos finales (Y) (transformados logarítmicamente)

Fuente de Variación	GL	Suma de cuad. y product.			Desv. respecto a regresión		
		Σx^2	Σxy	Σy^2	$\Sigma y^2 - \Sigma xy^2 / \Sigma x^2$	GL	CM
Tratamientos	3	83.03	- 1.4774	0.1527			
Residual	74	1583.96	- 0.0462	0.0816	0.0816	73	0.0011178
Total	77	1666.99	-1.5236	0.2343	0.2329	76	-----
Diferencias para probar entre medias ajustadas de Tratamientos					0.15131	3	0.05044

$$F_{\text{COV.}} = 45.1^{**}$$

$$F_{\text{REG.}} = < 1^{\text{NS}}$$

Cuadro 8.5. Prueba de chi-cuadrado sin hipótesis a priori para el grado de aceptación de la carne

	T₁	T₂	T₃	T₄	
Regular	03(07.25)	15(07.25)	07(07.25)	04(07.25)	29
Buena	19(12.25)	10(12.25)	10(12.25)	10(12.25)	49
MB + Ex	08(10.5)	05(10.5)	13(10.5)	16(10.5)	42
	30	30	30	30	120

$$\chi^2 = 24.15^{**}$$