

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

**RENDIMIENTO DE CUYES MEJORADOS EN CRECIMIENTO CON
ORÉGANO Y UN COMPLEJO ENZIMÁTICO EN LA DIETA**

TESIS

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

INGENIERA ZOOTECNISTA

Por

DEXSI YESVEL SAAVEDRA SAÑA

**Lambayeque
PERÚ**

2019

**Rendimiento de cuyes mejorados en crecimiento con orégano y un complejo
enzimático en la dieta**

TESIS

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

INGENIERA ZOOTECNISTA

por

DEXSI YESVEL SAAVEDRA SAÑA

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

**Ing. Segundo Filiberto Bernal Rubio
Presidente**

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

**Ing. Benito Bautista Espinoza
Vocal**

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

DEDICATORIA

A DIOS,

mi padre celestial, por darme la vida, por haber forjado mi camino por el sendero correcto, y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A MIS PADRES

María Dolores Saña Guerrero y Guido Jiménez Calle, que siempre están ahí para mí, por motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos, trasmitiéndome amor, consejos, lecciones de vida; les debo lo que soy en la actualidad, haciendo de mí una mejor persona cada día, son mi fuente de motivación para superarme en la vida.

A MIS HERMANOS

Isabelita, Nayeli, Smith, Vivian y Joa, por su especial apoyo, dándome alegría en cada momento y excelente compañía, haciéndome sentir querida en momentos de dificultad. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial a mi asesor, Dr. PEDRO ANTONIO DEL CARPIO RAMOS, por su apoyo incondicional, consejos y dedicación en mi trabajo de investigación para realizar esta tesis, es mi guía y ejemplo a seguir en este camino profesional.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, en particular, y de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, en general, por la formación profesional recibida.

A la Universidad Alas Peruanas, por las facilidades prestadas en el Laboratorio de Ciencias Básicas para realizar el acondicionamiento del orégano.

ÍNDICE

N° Cap.	Título del Capítulo	N° Pág.
	Resumen/ Abstract	viii
	INTRODUCCIÓN	01
I	ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	04
	1.1. Tipo y Diseño de Estudio	04
	1.2. Lugar y Duración	05
	1.3. Tratamientos Evaluados	05
	1.4. Animales Experimentales (muestra)	05
	1.5. Alimento Experimental	05
	1.6. Instalaciones y Equipo	06
	1.7. Técnicas Experimentales	07
	1.8. Variables Evaluadas	08
	1.9. Evaluación de la Información	08
II	MARCO TEÓRICO	10
	2.1. Antecedentes Bibliográficos	10
	2.1.1. Acciones antibacteriana y antioxidante	10
	2.1.2. El orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	16
	2.1.3. Enzimas Digestivos Suplementales	18
	2.1.4. Los antibióticos en la producción animal	20
	2.1.5. Respuesta productiva de cuyes a diversos insumos	25
	2.2. Bases Teóricas	29
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
	3.1. Consumo de Alimento	31
	3.2. Incrementos de Peso Vivo	33
	3.3. Conversión Alimenticia	36
	3.4. Mérito Económico, Peso y Rendimiento de Carcasa	38
	CONCLUSIONES	42
	RECOMENDACIONES	43
	BIBLIOGRAFÍA CITADA	44
	ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Composición porcentual del concentrado testigo según fases	06
2	Esquema del análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar con Sub-muestreo	09
3	Consumo de alimento de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento	31
4	Incrementos de peso vivo de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento	33
5	Conversión alimenticia de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento	36
6	Mérito económico, peso y rendimiento de carcasa de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>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</i>	12
2	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos, dentro de períodos, para incremento de peso vivo</i>	33
3	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos, dentro de períodos, para conversión alimenticia</i>	36
4	<i>Comparativo entre tratamientos para el rendimiento de carcasa</i>	40

ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Análisis de varianza con el consumo de alimento en la primera semana experimental	50
2	Análisis de varianza con el consumo de alimento en la segunda semana experimental	50
3	Análisis de varianza con el consumo de alimento en la tercera+cuarta semana experimental	50
4	Análisis de varianza con el consumo de alimento en la quinta+sexta semana experimental	50
5	Análisis de varianza con el consumo de alimento en la séptima+octava semana experimental	51
6	Análisis de varianza con el consumo de alimento en la novena+décima semana experimental	51
7	Análisis de varianza con el consumo acumulado de alimento	51
8	Análisis de varianza con el incremento de peso en la primera semana experimental	51
9	Análisis de varianza con el incremento de peso en la segunda semana experimental	51
10	Análisis de varianza con el incremento de peso en la tercera+cuarta semana experimental	52
11	Análisis de varianza con el incremento de peso en la quinta+sexta semana experimental	52
12	Análisis de varianza con el incremento de peso en la séptima+octava semana experimental	52
13	Análisis de varianza con el incremento de peso en la novena+décima semana experimental	52
14	Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos acumulados de peso	53
15	Análisis de varianza con el incremento de acumulado	53
16	Análisis de covarianza entre peso inicial e incremento acumulado de peso	53
17	Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la primera semana experimental	53
18	Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la segunda semana experimental	53
19	Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la tercera+cuarta semana experimental	54
20	Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la quinta+sexta semana experimental	54
21	Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la séptima+octava semana experimental	54
22	Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la novena+décima semana experimental	54
23	Análisis de varianza con la conversión alimenticia acumulada	54
24	Análisis de varianza con el peso de carcasa	55
25	Análisis de varianza con el rendimiento de carcasa (arco seno)	55

Rendimiento de cuyes mejorados en crecimiento con orégano y un complejo enzimático en la dieta

Resumen

Con la intención de reemplazar al antibiótico promotor del crecimiento, se implementó un ensayo de alimentación con cuyes mejorados destetados, durante diez semanas experimentales, para determinar el efecto de la utilización de la combinación de orégano y un complejo enzimático en el concentrado sobre indicadores del rendimiento; para tal fin se evaluaron tres tratamientos: T1, testigo negativo (sin APC y sin la combinación); T2, testigo positivo (con APC y sin la combinación); T3, con la combinación (sin APC). Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero se obtuvo: 4332.4, 4220.4 y 4254.4 gramos acumulados de materia seca consumidos por cuy ($P>0.05$); 764.5, 755.7 y 738.1 gramos acumulados de peso vivo incrementado por cuy ($P>0.05$); 5.67, 5.59 y 5.77 de conversión alimenticia acumulada ($P>0.05$); 6.28, 6.23 y 6.50 soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado; 851.3, 747.8 y 766 gramos de peso de carcasa ($P>0.05$); y 73.82, 73.58 y 74.78% de rendimiento de carcasa ($P>0.05$). Los resultados y el análisis estadístico mostraron que bajo estrictas medidas sanitarias de la crianza no existe necesidad de utilizar APC. Es necesario evaluar la acción del orégano y complejo enzimático bajo condiciones de desafío sanitario.

Palabras clave: Orégano; Complejo enzimático; Alimentación; Cuyes.

Abstract

With the intention of replacing the antibiotic growth promoter (AGP), a feeding trial with weaned improved guinea pigs was implemented, during ten experimental weeks, to determine the effect of the use of the combination of oregano and an enzyme complex in the concentrate on performance indicators. For this purpose, three treatments were evaluated: T1, negative control (without AGP and without the combination); T2, positive control (with AGP and without the combination); T3, with the combination (without AGP). Respectively for the treatments from the first to the third one, we obtained: 4332.4, 4220.4 and 4254.4 cumulative grams of dry matter consumed by guinea pig ($P>0.05$); 764.5, 755.7 and 738.1 grams of accumulated live weight increased by guinea pig ($P>0.05$); 5.67, 5.59 and 5.77 cumulative feed conversion ($P>0.05$); 6.28, 6.23 and 6.50 soles spent on food per kilogram of live weight increased; 851.3, 747.8 and 766 grams of carcass weight ($P>0.05$); and 73.82, 73.58 and 74.78% carcass yield ($P>0.05$). The results and the statistical analysis showed that under strict sanitary measures of rearing there is no need to use AGP. It is necessary to evaluate the action of oregano and enzyme complex under conditions of sanitary challenge.

Key words: Oregano; Enzyme complex, Feeding; Guinea pigs.

INTRODUCCIÓN

En el afán de lograr mejores rendimientos los productores de cuyes se están orientando hacia la utilización de antibióticos promotores del crecimiento (APC), lo que puede resultar particularmente anti técnico, toda vez que esta especie es herbívora y emplea a la gran población bacteriana cecal para la degradación de la fibra. El peligro de la antibiótico-resistencia humana, inmanente en todas las actividades pecuarias, es un indicativo de la inconveniencia del empleo de APC.

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2014), la resistencia de las bacterias a los antibióticos es una gran amenaza para la salud humana. Se ha estimado que aproximadamente 700,000 personas mueren a causa de infecciones resistentes a los antibióticos y otras estimaciones sugieren que otros 10 millones morirán cada año para 2050 si no se toman las medidas pertinentes (Withnall, 2016). Según el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CCE), en los Estados Unidos aproximadamente 2 millones de personas padecen una infección por bacterias antibiótico-resistentes lo que causa la muerte de aproximadamente 23,000 por año (CCE, 2018). Así mismo, se ha indicado que la resistencia microbiana a los antibióticos es una amenaza global; por lo tanto, se necesita una estrategia global para combatir su aumento. Se ha reportado que se prescribieron 258 millones de ciclos de antibióticos en los Estados Unidos con una frecuencia de 833 recetas por cada 1000 personas (Hicks *et al.*, 2010, 2013). Mientras tanto, no todos los antibióticos suministrados en alimentos a humanos y animales son absorbidos, la mayoría se distribuyen como desechos (Pruden *et al.*, 2006; Chee-Sanford *et al.*, 2009). Así mismo, las personas descargan los antibióticos no utilizados en los inodoros, los desechos generados por los establecimientos de salud se descartan de manera inadecuada y los derrames sépticos depositan los residuos de antibióticos en el suelo, los cuerpos de agua y el agua subterránea, lo que contribuye a

la acumulación de antibióticos y a la activación de Genes de Resistencia a los Antibióticos (GRA) en el ambiente (Danso *et al.*, 2019).

Si existe la necesidad de generar las condiciones adecuadas en el intestino animal para el mejor aprovechamiento de los nutrientes, la investigación ha mostrado que diferentes especies vegetales son poseedoras de sustancias anti-bacterianas, anti-oxidantes, inmuno-moduladoras, estimulantes de la secreción enzimática endógena y de acción prebiótica; entre las que se encuentra el orégano (*Origanum vulgare*), el que utilizado con un complejo enzimático podría permitir la no utilización de los APC en la alimentación de los cuyes en crecimiento-acabado.

Formulación del Problema

La producción de los cuyes mejorados se ha derivado hacia condiciones que promueven condiciones difíciles que obliga a los productores ha recurrir al empleo de estrategias que permitan evitar la acción de desordenes sub-clínicos que atenten en contra del rendimiento y, consecuentemente, de la economía de la crianza. Dentro de tales estrategias los productores de cuyes han importado desde la avicultura el uso de APC; sin embargo, plantas como el orégano podrían ser tan eficientes como los APC, sobre todo si su empleo de ve acompañado de un complejo enzimático que permita cuidar la salud del epitelio intestinal, controlar bacterias y mejorar la degradación de los alimentos y consecuente absorción de nutrientes, generándose así condiciones para la producción de carne de mejores condiciones de inocuidad para el uso humano.

Entendiéndose el rendimiento en función de los incrementos de peso, eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso, mérito económico, rendimiento de carcasa, etc. Es pertinente preguntar: ¿podrá lograrse adecuado rendimiento en cuyes mejorados en crecimiento que reciben orégano y un complejo enzimático en el alimento?

Hipótesis

La suplementación de orégano y de un complejo enzimático en la dieta de cuyes mejorados en crecimiento permitirá la obtención de adecuado rendimiento sin el empleo de antibiótico promotor del crecimiento.

Objetivos

Objetivo general

Determinar y evaluar el rendimiento de cuyes comerciales mejorados en crecimiento que reciben dietas con orégano y un complejo enzimático en el concentrado.

Objetivos específicos

1. Determinar y analizar el efecto sobre el consumo de alimento.
2. Determinar y analizar el efecto sobre los incrementos de peso vivo.
3. Determinar y analizar el efecto sobre la conversión alimenticia.
4. Determinar y analizar el efecto sobre el mérito económico.
5. Determinar y analizar el efecto sobre el rendimiento de carcasa.

Justificación

La ejecución del presente proyecto de investigación se justifica porque existe la necesidad de buscar alternativas a los APC en la alimentación de los animales domésticos de interés zootécnico, sobre todo en los herbívoros que poseen una rica flora intestinal y porque la vinculación con la antibiótico-resistencia en los humanos se ha hecho, cada vez, más evidente.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Tipo y Diseño de Estudio

Se considera que el presente estudio es cuantitativo-propositivo. Las definiciones y explicaciones para cada clasificación se han tomado de Hernández *et al.* (2010).

Es cuantitativo porque se plantea un problema de estudio delimitado y concreto; se considera lo que se ha investigado anteriormente, se construye un marco teórico del cual se deriva una o varias hipótesis y se someten a prueba mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados; las hipótesis se generan antes de recolectar y analizar los datos; la recolección de los datos se fundamenta en la medición; los datos se representan mediante números y se deben analizar a través de métodos estadísticos; se confía en la experimentación y/o pruebas de causa-efecto; la interpretación constituye una explicación de cómo los resultados encajan en el conocimiento existente; debe ser lo más objetiva posible; se sigue un patrón predecible y estructurado (el proceso); se pretende generalizar los resultados encontrados y que los estudios puedan replicarse; la meta principal es la construcción y demostración de teorías; se sigue rigurosamente el proceso; se utiliza la lógica o razonamiento deductivo; se pretende identificar leyes universales y causales; ocurre en la realidad externa del individuo.

En tanto que se considera propositivo porque plantea propuestas para solucionar el problema (Bunge, 1972).

El Diseño del estudio correspondió al explicativo (experimental). Según Hernández *et al.* (2010) la investigación experimental es la que se realiza para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por

qué lo hacen. En un experimento, la variable independiente resulta de interés para el investigador, ya qué hipotéticamente será una de las causas que producen el efecto supuesto. Para obtener evidencia de esta supuesta relación causal, el investigador manipula la variable independiente y observa si la dependiente varía o no. Aquí, manipular es sinónimo de hacer variar o asignar distintos valores a la variable independiente.

1.2. Lugar y Duración

La fase de campo de la investigación se realizó en una crianza familiar comercial, ubicada en la ciudad de Chiclayo y tuvo una duración efectiva de diez semanas.

1.3. Tratamientos Evaluados

T₁: Testigo negativo

T₂: Testigo positivo, con APC en el concentrado

T₃: 0.2% de orégano y 0.01% de complejo enzimático en el concentrado

1.4. Animales Experimentales (muestra)

Se empleó 54 cuyes mejorados (Perú x Inti), de ambos sexos, destetados, de 14 días de edad, homogéneos en peso corporal.

1.5. Alimento Experimental

El alimento estuvo constituido por dos fracciones, una forrajera y una concentrada. El forraje fue maíz chala y el concentrado se preparó con insumos de calidad y en proporciones para cubrir las necesidades de energía y proteína (Tabla 1). La fase Crecimiento I comprendió hasta que los cuyes cumplieron las seis semanas de edad; en tanto que el Crecimiento II hasta las doce semanas de edad.

El orégano se adquirió en el mercado mayorista de la ciudad de Chiclayo, se procesó en el laboratorio de Ciencias Básicas de la UAP-Chiclayo y el complejo enzimático lo proporcionó la unidad de investigación de la empresa Montana SAC,

Lima. Debido a que las proporciones de inclusión son pequeñas se reemplazó por la misma proporción de maíz, sin afectar el balance energético - proteico del concentrado.

Tabla 1.
Composición porcentual del concentrado testigo según fases

Insumo	Etapa de crecimiento	
	Crecimiento I	Crecimiento II
Afrecho de trigo	25.00	30.00
Maíz amarillo, grano	33.00	30.00
Pasta de algodón	05.00	05.00
Torta de soja	22.00	16.00
Aceite de soja	02.00	01.55
Polvillo de arroz	10.00	15.10
Pre-mezcla vitamínico-mineral	00.30	00.20
Cloruro de colina	00.15	00.10
Metionina	00.08	00.05
Sal común	00.30	00.30
Carbonato de calcio	01.30	01.00
Fosfato di-cálcico	00.72	00.60
Bicarbonato de sodio	00.15	00.10
Total	100.00	100.00
Aporte estimado* de:		
Proteína, %	18.53	17.17
E. M., Mcal/ Kg.	2.92	2.77

*Según McDowell *et al.* (1974)

El complejo enzimático Rovabio® se describe como una gama de soluciones enzimáticas que incrementan la digestibilidad de los ingredientes de origen vegetal para animales -aves y porcinos-. Rovabio® propicia economía de costos y mayor rendimiento animal y, a la vez, contribuye para mejorar el entorno de producción.

Producido por la firma Adisseo.

1.6. Instalaciones y Equipo

- Jaulas de crianza; hechas de malla metálica y madera.
- Comederos y bebederos, de arcilla.
- Balanza electrónica con aproximación de 1 gramo.
- Aretes de metal.
- Planillas para registro de información.

- Recipiente de metal para escaldado y cuchillo para degüello y desollado.

Además del equipo típico de todo criadero de cuyes.

1.7. Técnicas Experimentales

Instalaciones

Previo al inicio del ensayo las jaulas se limpiaron y desinfectaron, para la desinfección se empleó un producto comercial a base de amonio cuaternario y glutaraldehído, que se aplicó mediante un rociador.

Cuyes

Los cuyes se pesaron e individualizaron mediante la aplicación de aretes al pabellón auricular y asignados aleatoriamente a cada uno de los tratamientos para garantizar la homogénea distribución de la componente residual de varianza entre los grupos.

Se conformaron grupos de 6 (3 grupos por tratamiento, tres machos y tres hembras por grupo) de tal forma que hubo 18 cuyes por cada uno de los tratamientos; de esa manera se dispuso de tres duplicaciones del experimento. Cada una de las jaulas de los tratamientos se distribuyó aleatoriamente dentro del campo experimental.

Las pesadas se realizaron cada 14 días hasta completar las 10 semanas experimentales, momento en que concluyó la fase de campo.

Finalizado el período experimental se sacrificó seis cuyes por tratamiento, tomados al azar, tres machos y tres hembras, para realizar la evaluación de la carcasa.

Alimento

El concentrado se preparó con insumos que se adquirieron en el comercio de la ciudad de Chiclayo. El proceso de combinación de los insumos se hizo en forma “progresiva” para garantizar la homogeneidad de la mezcla.

El suministro de alimento se realizó en términos de materia seca, procurando que esté dentro de las proporciones 40% forraje: 60% concentrado.

La adecuación del orégano implicó la deshidratación en estufa a 70°C por 24 horas, inmediatamente se molió hasta grado de harina y guardado en bolsa de papel.

Sanidad

Se implementó un programa de bio-seguridad, no permitiendo el ingreso de personas ajenas al ensayo. Empleo de desinfectantes en la zona de ingreso. Limpieza periódica de las instalaciones. Control de moscas y otros insectos.

1.8. Variables Evaluadas

Consumo de alimento, gramos de materia seca.

Peso vivo e incrementos de peso, gramos por animal.

Peso y rendimiento de carcasa, gramos y % respecto al peso al sacrificio.

Conversión alimenticia (C. A.), kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado.

Mérito económico (M. E.), soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado.

1.9. Evaluación de la Información

Se hizo el siguiente planteamiento de hipótesis:

$$H_1: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_2 : AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE

Las hipótesis fueron contrastadas mediante el Diseño Completamente Azarizado con sub-muestreo, que responde al siguiente modelo (Ostle, 1979):

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

En el que:

Y_{ijk} , 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 muestra sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento.

η_{ijk} , es el verdadero efecto de la k-ésima sub-muestra dentro de la j-ésima muestra, sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento.

Al plantear el diseño de contrastación de las hipótesis se asumió estar dispuesto a tolerar una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (Scheffler, 1982).

La homogeneidad de varianzas se determinó a través de la prueba de Bartlett con los incrementos acumulados de peso.

Se aplicó el análisis de la varianza (Tabla 2) y la prueba de rango múltiple de Duncan cuando el valor de F resultó significativo.

Tabla 2.
Esquema del análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar con Sub-muestreo

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Media	M_{yy}	1	M	T/ E
Tratamientos	T_{yy}	$t - 1 = 2$	T	
Error Experimental	E_{yy}	$t(r - 1) = 6$	E	
Error de Muestreo	S_{yy}	$tr(n - 1) = 45$	S	
TOTAL	ΣY^2	$trn = 54$		

El efecto de la variable concomitante (peso inicial) sobre los incrementos acumulados de peso se evaluó a través del análisis de covarianza.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

Existe un creciente interés en investigar alternativas naturales que reemplacen a los APC, tales como enzimas, prebióticos, probióticos, extractos de vegetales (romero, orégano, tomillo, etc.), aditivos fitogénicos, acidificantes, etc., los que pueden limitar a las bacterias patógenas, atrapar radicales libres, mejorar la capacidad de absorción del intestino y el rendimiento productivo (Carro y Ranilla, 2002).

2.1.1. Acciones antibacteriana y antioxidante

Una de las alternativas fitogénicas es la utilización del orégano; en el que se destacan acciones digestivas, bacteriostáticas y antioxidativas que se han evidenciado en distintos trabajos de investigación (Ayala *et al.*, 2006); por lo que se sostiene que esta especie posee acción nutracéutica.

Según del Toro (2016), el término nutracéutico 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 nutracéuticos 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 nutracéuticos.

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).

La acción antimicrobiana del orégano 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 Figura 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 constituye objetivos separados, algunos son afectados como consecuencia de otro mecanismo que está siendo dirigido. 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 iones y

moléculas 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.

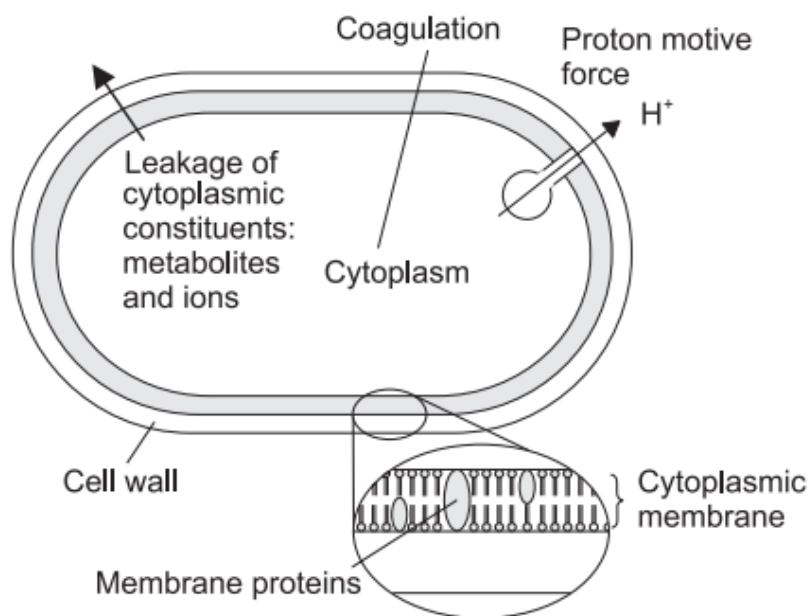


Figura 1. Localizaciones y mecanismos en la célula bacteriana que se consideran lugares de acción para los componentes de los AE: degradación de la pared celular; daño a la membrana citoplasmática; daño a las proteínas de la membrana; fuga de contenidos celulares; coagulación de citoplasma; y agotamiento de la fuerza motriz de protones.

Fuente: Burt (2004).

En base a una excelente revisión bibliográfica Burt (2004) considera que:

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-metile-tenilo)-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 hidrocarbonadas lipofílicas se acumularían en la bicapa lipídica y distorsionan la interacción lípido-proteína; alternatively, 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.

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-reactivas o nitrógeno-reactivas. Las especies oxígeno reactivas incluyen radicales libres portadores de oxígeno así como a otras especies oxígeno reactivas tales como el peróxido de hidrógeno, el que no es un radical libre. Similarmente, las especies nitrógeno reactivas incluyen a tanto a radicales libres que contienen nitrógeno como a otras moléculas reactivas en las que el centro de reactividad es el nitrógeno. Sin embargo, indican que 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 ligan 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.).

2.1.2. El orégano (*Origanum vulgare*)

Diferentes fuentes bibliográficas indican que el orégano es una planta aromática con una amplia distribución a través del área de influencia del mediterráneo; contiene moléculas que tienen bio-actividades intrínsecas sobre la fisiología y metabolismo animal y posee intensas actividades antimicrobiales, anti fungales y antioxidantes. En cerdos, se ha demostrado que reduce los desechos y el olor de las emisiones en las explotaciones intensivas. Su actividad es atribuida principalmente a sus componentes mayores carvacrol y timol, sustancias que modifican la permeabilidad de la membrana celular bacterial y reacciona con lípidos y radicales hidroxilos convirtiéndolos en productos estables. Aunque el orégano o sus aceites esenciales ya han sido usados con la intención de mejorar la cantidad y calidad de los productos de los animales, los resultados en aves aun son controversiales. Debido a la acción sobre la fisiología y metabolismo de los animales por parte del carvacrol y timol también se asume que ejercerían efectos benéficos, sobre todo antioxidantes sobre la carne cuando se suplementa a través de la dieta (Daouk *et al.*, 1995; Sivropoulou *et al.*, 1996; Yanishlieva *et al.*, 1999; Cervato *et al.*, 2000; Dorman y Deans, 2000; Lambert *et al.*, 2001; Yanishlieva, 2001; Ultee *et al.*, 2002; Varel, 2002; Young *et al.*, 2003; Botsoglou *et al.*, 2004, 2005; Giannenas *et al.*, 2005; Simitzis *et al.*, 2008; Reiner *et al.*, 2009).

El empleo de orégano o de sus extractos ha sido mayoritario en la alimentación de aves y cerdos, en la de cuyes es, prácticamente, inexistente. Por tal motivo, para reconocer sus acciones se citan fuentes en las que se ha empleado en la producción de

aves de carne; por lo que puede asumirse que el organismo del pollo de carne, principalmente, es un modelo orgánico de referencia.

Mathlouthi *et al.* (2011) realizaron un experimento para comparar las actividades de tres aceites esenciales (romero, orégano y una combinación comercial de aceites esenciales) contra bacterias patógenas y no patógenas *in vitro* y sobre el rendimiento de pollos de carne. Los resultados indicaron que el aceite esencial de romero tuvo actividad anti bacterial sólo contra tres bacterias patógenas (*Escherichia coli*, *Salmonella indiana* y *Listeria innocua*); el aceite esencial de orégano tuvo actividades antimicrobiales, además de las especies indicadas, sobre *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*. El aceite esencial de orégano tuvo mayor actividad antimicrobial que el de romero pero no presentaron sinergismo entre ellos. La mezcla comercial presentó una actividad antimicrobial incrementada contra todas las bacterias estudiadas (patógenas y no patógenas) excepto para *Lactobacillus rhamnosus*. La suplementación de la dieta basal con avilamicina o aceites esenciales mejoró el peso vivo, la ganancia de peso vivo y la conversión alimenticia en comparación con la dieta control. No hubo diferencias en el rendimiento entre todos los tratamientos. En general, lo autores manifestaron que los aceites esenciales pueden sustituir al antibiótico promotor del crecimiento.

Con la intención de mejorar el efecto negativo del estrés sobre las características de calidad de la carne, se alimentó a pollos con una dieta suplementada con una combinación de ácido ascórbico y α -tocoferol u orégano, con alto contenido de antioxidantes. El estrés dependió del sacrificio en la granja o después del transporte al camal. Las actividades de los enzimas anti oxidativos (catalasa, súper-oxido dismutasa y glutatión peroxidasa) en el pectoral mayor, íleo-tibial e hígado no fueron afectados por la suplementación. Sin embargo, la estabilidad de los eritrocitos, que es un sistema de

modelación más complejo para determinar el estado oxidativo, incrementó con la suplementación de ácido ascórbico – α -tocoferol y tendió a incrementar después de la suplementación de orégano. En los pollos no estresados, este estado anti oxidativo mejorado se reflejó en la disminución de sustancias reactivas al sistema del ácido tio-barbitúrico (TBA) en el pectoral mayor e hígado de los pollos suplementados con ácido ascórbico – α -tocoferol y, así mismo, en el hígado de los pollos suplementados con orégano en comparación con las aves control no estresadas. No obstante, la temperatura post mortem, pH y la capacidad de retención de agua no se afectaron por la suplementación. Las pérdidas por goteo de los pollos suplementados con orégano mostraron incremento en la oxidación de proteína en bandas específicas, pero no se relacionó a la capacidad de retención de agua o al estado oxidativo. Cuando se expuso al estrés, las concentraciones de sustancias reactivas TBA en los animales control se incrementaron en el pectoral mayor e íleo-tibial. La combinación ácido ascórbico – α -tocoferol protegió al músculo íleo-tibial y la suplementación de orégano protegió al pectoral mayor de los incrementos en sustancias reactivas TBA inducidas por el estrés. Según los investigadores, este efecto diferencial entre músculos puede indicar diferencias en mecanismos de protección y concluyen que la suplementación ensayada protege contra las sustancias reactivas TBA inducidas por el estrés (Young *et al.*, 2003).

2.1.3. Enzimas Digestivos Suplementales

Ascurra (2019) ha demostrado que el cuy moderno, de alto y rápido crecimiento, requiere de dietas en las que deben predominar los concentrados; esto es debido a que los cuyes mejorados han sido seleccionados para esa finalidad. Así, si se quiere lograr mejor rendimiento es indudable que deban emplearse suplementos enzimáticos para lograr mayor eficiencia en la utilización del alimento de alta densidad nutricional para los incrementos de peso, como ha sucedido con el pollo de carne.

El empleo de enzimas en los alimentos para animales ha recibido bastante atención en la industria animal. Estudios iniciales indicaron que la inclusión de proteasas, α -amilasas, β -glucanasas y enzimas combinadas puede tener una influencia positiva sobre el crecimiento animal e incrementan la disponibilidad de nutrientes. Más recientemente, los enzimas (incluyendo endo-xilanasas y endo-mananasas) han producido mejoras significativas en el rendimiento del crecimiento cuando fueron suplementadas a dietas de alto contenido en trigo y torta de soja (Merstad y McNab, 1975; Moss *et al.*, 1977; Pettersson y Aman, 1989; Walsh *et al.*, 1993; Odetallah, 2000; Odetallah *et al.*, 2002a, b).

La suplementación con enzimas puede ayudar a eliminar los efectos de factores anti-nutricionales y mejorar la utilización de la energía y aminoácidos de la dieta, ocasionando mejor rendimiento. En la Industria Avícola, por ejemplo, los enzimas han sido incorporados a las dietas de los broiler por más de 30 años; el nivel de energía metabolizable (EM) de la dieta es uno de los factores clave para lograr el rápido crecimiento de los broiler (Rotter *et al.*, 1990; Fuente *et al.*, 1995; Cowan *et al.*, 1996; Marquardt *et al.*, 1996; Yu *et al.*, 2007).

Diferentes investigadores han reportado diferentes efectos sobre la disponibilidad de energía. Se ha encontrado que la adición de enzimas incrementó significativamente el valor de energía metabolizable aparente, corregida por nitrógeno, (EMA_n) de las dietas (13.45 vs. 13.71 MJ/ Kg. de M. S.) en pollos de 30 días de edad, pero no se observó incremento alguno en pollos de 10 días de edad. En otro ensayo se notó una respuesta diferente a la adición de enzimas de pollitos (EMA_n) en comparación con la de gallos adultos (energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno, EMV_n). En otro experimento se demostró que los pollos que recibieron una dieta de menor nivel de energía suplementada con un producto multi-enzimático (amilasa,

proteasa y xilanasas) lograron un rendimiento similar al logrado con una dieta basal maíz-soja y se incrementó la digestibilidad de la proteína en 2.9% (Rotter *et al.*, 1990; Fuente *et al.*, 1995; Zanella *et al.*, 1999).

Se debe tener presente que las funciones digestivas constituyen los factores más limitantes para el rendimiento, ya que la producción de los animales sarcopoyéticos consiste en transformar los ingredientes de la dieta en carne (Sugiharto, 2016). Es por ello que el desarrollo y la salud intestinal son la clave para la productividad, el tracto gastrointestinal realiza dos funciones básicas: Adquisición - asimilación de nutrientes, y mantenimiento de una barrera protectora contra las infecciones microbianas – virales (Roberts *et al.*, 2015). Por lo que se exige una buena salud intestinal para lograr las metas en lo que se refiere a tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia y rendimiento de carcasa los cuales se definen como parámetros productivos (Skoufos *et al.*, 2016).

Abudabos *et al.* (2018) indican que los aditivos naturales pueden mejorar los índices de salud intestinal y con ello los parámetros productivos, por otro lado Jamroz *et al.* (2006), afirman que la longitud de las vellosidades y la profundidad de las criptas intestinales servirían como un indicador del estado general del tracto digestivo por su respuesta inmediata ante cualquier cambio en los insumos del pienso alimenticio; por lo tanto, según Mohiti-Asli y Ghanaatparast-Rashti (2018), las medidas de dichas estructuras estarían relacionadas directamente con el rendimiento productivo.

2.1.4. Los antibióticos en la producción animal

El moderno cuy ha sido logrado en base a la selección para rápidos y grandes incrementos de peso y como tal tiene mayor necesidad en el abastecimiento de nutrientes y condiciones distintas en el manejo e instalaciones; para que sea negocio se cría en grandes densidades y se ha hecho más susceptible a problemas vinculados con la salud; así, los productores, en el afán de lograr mayores rendimientos y, supuestamente,

con escasa morbilidad y mortalidad, han incorporado la técnica del empleo de antibióticos promotores del crecimiento (APC) que es de uso común en avicultura y porcicultura. Sin embargo, las aves y los cerdos no son herbívoros y el cuy sí, el órgano especializado para la fermentación de la fibra es el ciego en donde se dan procesos parecidos a los que ocurren en el rumen de los rumiantes. Es decir, la fermentación microbiana de la fibra da lugar a la producción de ácidos grasos volátiles de cadena corta, de vitaminas del complejo B, entre otras situaciones fisiológico-nutricionales. Por tal motivo, la utilización de APC con la finalidad de prevenir la acción nociva de microbios de tipo patógeno también actuaría en contra la gran flora benéfica del ciego; adicionalmente, y no menos importante, la introducción de los APC en los programas productivos de los cuyes cooperaría con el desarrollo de flora antibiótico-resistente, tanto para animales como humanos, lo cual ha sido ampliamente cuestionado a nivel mundial.

Los antibióticos son sustancias producidas total o parcialmente por microorganismos y se utilizan “originalmente” para el tratamiento y / o prevención de infecciones bacterianas (Ding y He, 2010; Ashbolt *et al.*, 2013; Bouki *et al.*, 2013).

Estructuralmente se clasifican en grupos como amino-glucósidos, tetraciclinas, β -lactamas, sulfonamidas. Tienen diferentes modos de atacar a las bacterias, pero en su mayoría se clasifican como capaces de terminar (bactericida) o ralentizar el crecimiento (bacteriostático) de la población bacteriana objetivo siempre que se administren de manera óptima (Roose-Amsaleg y Laverman, 2016).

Se pueden obtener de fuentes naturales o no naturales. Además de su uso en el tratamiento de infecciones, se han integrado enormemente en la cría de animales de interés zootécnico, por ejemplo, la producción porcina (*Sus scrofa*) desde principios de la década de 1950 y como aditivos forrajeros y promotores del crecimiento (Cromwell,

2001; Aminov, 2009; Bouki *et al.*, 2013). Aunque todavía se practica en la mayoría de los países, incluidos los Estados Unidos, el uso de antibióticos como agentes de desarrollo en animales ha sido desalentado por varios organismos internacionales, incluida la Unión Europea (Como *et al.*, 2014).

Cuando los gérmenes, como las bacterias y los hongos, no son eliminados por los medicamentos diseñados para matarlos y siguen creciendo, se dice que ocurrió una resistencia a los antibióticos. La resistencia a los antibióticos evoluciona más comúnmente en las bacterias ya sea a través de la mutación de una proteína del sitio objetivo, a través de la adquisición de un gen de resistencia a los antibióticos (GRA) que confiere resistencia a través del flujo de salida o la inactivación del antibiótico, o a través de la síntesis de una nueva proteína objetivo que es insensible al antibiótico (Davies *et al.*, 2010).

Los antibióticos ingeridos oralmente promocionan el crecimiento y eficiencia de las aves y de otros animales; el efecto puede incluir la ganancia de peso pero, a menudo, los efectos se limitan únicamente a la eficiencia alimenticia. Así, el mecanismo de acción puede enfocarse sobre el tracto gastrointestinal debido a que algunos de estos antibióticos no se absorben. Después de las demostraciones iniciales que indicaban que los antibióticos administrados por vía oral no tienen efectos de promoción del crecimiento en animales libres de gérmenes, los estudios del mecanismo para la promoción del crecimiento se enfocaron en las interacciones entre el antibiótico y la micro biota intestinal. De esta manera, los efectos directos de los APC sobre la micro flora pueden utilizarse para explicar la disminución de la competencia por los nutrientes y la reducción de los metabolitos microbianos que deprimen el crecimiento. Efectos adicionales de los APC que también se pueden presentar en animales libres de gérmenes incluyen la reducción en el tamaño del intestino, incluyendo la delgadez de las

vellosidades intestinal y de la pared intestinal total; lo que puede deberse, parcialmente, a la pérdida de proliferación de células de la mucosa en ausencia de ácidos grasos de cadena corta luminales provenientes de la fermentación microbiana. Para explicar la mejora en la digestibilidad de los nutrientes observada con los APC se ha empleado la reducción en la pared intestinal y de la lámina propia de los vellos (Coates *et al.*, 1955; Jukes *et al.*, 1956; Coates *et al.*, 1963; Franti *et al.*, 1972; Visek, 1978; Frankel *et al.*, 1994; Anderson *et al.*, 1999).

También se ha vinculado al uso de los APC una reducción en los patógenos oportunistas y de las infecciones sub-clínicas. Roura *et al.* (1992) determinaron que la inyección de metabolitos bacteriales, tales como lipo-poli-sacáridos o inmunomediadores como interleuquina-1, pueden imitar la eficiencia reducida de un animal con una micro flora convencional y sin antimicrobial en la dieta, lo que ilustra la importancia de la respuesta del hospedero a la micro flora como otro factor limitante de la eficiencia del crecimiento. Así mismo, se ha indicado que la reducción en la micro flora, y sus consecuencias, puede ser el mecanismo subyacente para los efectos benéficos de los antibióticos.

El tracto gastrointestinal (TGI) de los vertebrados contiene un grupo diverso de micro flora, aunque predominan las bacterias y particularmente las gram-positivas. Existen tantas como 500 especies de bacterias en la micro flora del TGI, con cantidades de 10^{10} a 10^{12} células bacteriales/ g de contenido del colon o heces. Se ha indicado que estas cantidades son consistentes con la estimación que indica que las células bacteriales superan a las células del hospedero en la proporción de 10:1. Se sabe que la población bacteriana influencia una variedad de procesos de tipo inmunológico, fisiológico, nutricional y protectores del TGI y ejerce profundos efectos sobre la salud general, desarrollo y rendimiento de los no rumiantes; en efecto, diferentes experimentos en los

que se comparó animales criados convencionalmente versus estériles (libres de gérmenes) demostraron que las bacterias comensales juegan roles importantes en el desarrollo de órganos, tejidos y sistema inmune, así como proporcionando compuestos nutricionales (Moore y Holdeman, 1974; Savage, 1977; Lee, 1984; Mackie *et al.*, 1999; Jensen, 2001; Gaskins, 2001; Snel *et al.*, 2002).

Dibner y Richards (2005) consideran que los beneficios impartidos por la micro flora normal vienen a un gran costo para el animal, aún bajo condiciones ideales. Las bacterias comensales compiten con el hospedero por nutrientes, secretan compuestos tóxicos e inducen una respuesta inmuno/ inflamatoria en curso en el TGI. Todos estos costos impactan negativamente la salud y el rendimiento. Los investigadores consideraron que se deben considerar dos áreas para investigación, (1) determinar la micro flora óptima para la salud y rendimiento animal bajo condiciones comerciales de crecimiento (en otras palabras, descubrir la micro flora que maximice los beneficios y minimice los costos) y (2) desarrollar la dieta y otras intervenciones que fomenten el desarrollo de esta micro flora.

El animal joven está expuesto a una sucesión de poblaciones microbiales en el intestino; estas olas poblacionales son marcadamente similares en los TGI de pollos, lechones, terneros y humanos, ejercen influencias profundas sobre el desarrollo y salud del animal e impactan el rendimiento del crecimiento. Previo a la eclosión o al parto, el TGI de las aves y los cerdos es estéril. Las bacterias del ambiente, la madre (en el caso de los mamíferos) y la dieta, empiezan a colonizar el TGI casi inmediatamente. De 5 a 6 horas después del nacimiento, las heces de un animal están pobladas con 10^9 a 10^{10} ufc/g de heces. Después del nacimiento, colonizan inmediatamente las aeróbicas y anaerobias facultativas incluyendo a *Escherichia coli*, lactobacilos y estreptococos; en cantidades bajas (entre 10^2 y 10^5 ufc/ mL de digesta) pero que se incrementan

rápida. Estas especies proporcionan un ambiente reducido el que, en cambio, permite el establecimiento de los anaerobios obligados que aparecen algún tiempo después y que constituyen las especies predominantes de la micro flora estable, al menos en el intestino delgado; estos géneros incluyen *Bacteroides*, *Bifidobacterium* y *Clostridium*. En general, las cantidades de cada grupo incrementan rápidamente conforme crece el animal (Kenworthy y Crabb, 1963; Smith y Jones, 1963; Mackie *et al.*, 1999; Kelly y King, 2001; Snel *et al.*, 2002).

2.1.5. Respuesta productiva de cuyes a diversos insumos

Ibáñez (2003) empleó cuyes mejorados de ambos sexos, con un peso promedio inicial de 360 g, durante 10 semanas y evaluó los siguientes tratamientos: T₁ (dieta con antibiótico promotor del crecimiento –APC- para machos), T₂ (dieta con APC para hembras), T₃ (dieta con fuente de inulina para machos) y T₄ (dieta con fuente de inulina para hembras). El APC o la fuente de inulina fueron incorporados en el concentrado, el mismo que se suministró en cantidades para propiciar consumo *ad libitum*; la parte forrajera de la dieta estuvo constituida por alfalfa verde y se suministró en cantidades para producir un consumo limitado (aproximadamente un tercio del consumo total de materia seca). Respectivamente para los tratamientos en el orden mencionado se obtuvieron los siguientes resultados: 43.2, 43.6, 44.8 y 44.1 g de materia seca consumida por animal por día; 8.32, 6.76, 9.11 y 6.94 g de peso incrementado por cuy por día; 5.19, 6.45, 4.92 y 6.35 g de alimento consumido por g de peso incrementado; 4.21, 5.21, 4.53 y 5.87 nuevos soles gastados en alimento por cada kg de peso incrementado. El análisis estadístico indicó diferencias significativas entre tratamientos, pero la significación se debió a la diferencia entre sexos y no a las diferencias entre el antibiótico y la fuente de inulina. No obstante, con excepción del mérito económico (M.E.), el antibiótico fue superado por la fuente de inulina sobre todo

en los machos. El alto costo y la alta proporción empleada (1%) de la fuente de inulina hicieron que el M.E. fuese menos eficiente; siendo recomendable evaluar niveles menores o fuentes más baratas de oligosacáridos no digestibles para la producción animal.

Burga (2007) implementó un trabajo de investigación en el que evaluó la incorporación de selenio-metionina (Se-met) en la dieta de cuyes mejorados mediante cuatro tratamientos (T₁, testigo; T₂, 10 gramos de Se-met por cada 100 kilos de alimento; T₃, 20 gramos de Se-met por cada 100 kilos de alimento; T₄, 30 gramos de Se-met por cada 100 kilos de alimento). El ensayo tuvo una duración de diez semanas, los animales recibieron alfalfa verde y concentrado; tuvieron un peso inicial promedio de 340 gramos y estuvieron distribuidos homogéneamente entre los tratamientos implementados. Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, se obtuvieron los siguientes resultados por cuy: 5.16, 5.68, 5.47 y 5.21 kilos de materia seca consumida acumulada; correspondientes a 73.7, 81.1, 78.1 y 74.4 gramos por día; 610, 652, 698.5 y 692.5 gramos de peso incrementado acumulado; correspondientes a 8.71, 9.31, 9.98 y 9.89 gramos incrementados por día; 8.46, 8.71, 7.83 y 7.52 kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado; 4.79, 4.56, 4.30 y 4.39 nuevos soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado. Los resultados de incremento de peso mostraron ventajas ($P < 0.01$) para los tratamientos con 20 y 30 gramos de Se-met y superioridad entre 7.4 y 11.1% en la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso, y entre 8.3 y 10.2% en la eficiencia del mérito económico. Los resultados hicieron recomendable el empleo de 30 gramos por 100 kilos de alimento de Se-met en la alimentación de cuyes mejorados en crecimiento.

Rivadeneyra (2008) evaluó la incorporación de un bio-estimulante (ácidos orgánicos carboxílicos, minerales orgánicos, vitaminas y aminoácidos) en la dieta de

cuyes de la raza Andina en crecimiento, considerando tres tratamientos (T₁, testigo; T₂, 0.7 ml del bio-estimulante/ cuy/ día/ tres días consecutivos y cada 7 días; T₃, 1.4 ml del bio-estimulante/ cuy/ día/ tres días consecutivos y cada 7 días). Respectivamente para los tratamientos del primero al tercero se obtuvieron los siguientes resultados: 58.5, 59.6 y 59.4 gramos de materia seca consumidos por cuy por día; 6.69, 6.99 y 7.19 gramos de incremento de peso vivo por cuy por día; 9, 8.79 y 8.5 gramos de alimento consumido por gramo de peso vivo incrementado; 4.8, 5.23 y 5.65 nuevos soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado. Los tratamientos 2 y 3 superaron al testigo en 1.9 y 1.5% en consumo de alimento; 4.5 y 7.5% en incremento de peso vivo; 2.3 y 5.6% en conversión alimenticia; pero fueron menos eficientes en 8.9 y 17.7% en mérito económico.

Marrufo (2008) consideró evaluar la incorporación de una fuente de micro-minerales ligados a metionina en la dieta de cuyes Perú en crecimiento y determinar su efecto sobre el rendimiento. Se evaluaron 4 tratamientos (T₁, sin sustitución; T₂, 1/3 de sustitución; T₃, 2/3 de sustitución; T₄, sustitución total de la pre-mezcla tradicional por la de minerales orgánicos), el programa de alimentación contempló la utilización de una proporción forraje: concentrado de 60: 40 en términos de materia seca. Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, se obtuvieron los siguientes resultados: 4.093, 4.229, 4.178 y 4.293 kilos de materia seca consumida por cuy; 492.3, 498, 452.6 y 552.8 gramos de peso vivo incrementado por cuy; 8.31, 8.49, 9.23 y 7.76 gramos de materia seca consumidos por gramo de peso vivo incrementado; 10.65, 10.90, 11.84 y 9.97 nuevos soles gastados en alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado; 65.8, 66.8, 66 y 64.8% de carcasa (sin incluir vísceras comestibles); 0.8, 1.1, 1.5 y 0.8% de grasa abdominal con respecto al peso vivo antes del sacrificio. La sustitución total de la pre-mezcla de elementos inorgánicos por la de orgánicos propició considerable mejor

rendimiento en vivo, aunque no tuvo relación con los rendimientos de carcasa y de grasa abdominal; considerándose necesario continuar con las evaluaciones teniendo en cuenta una mayor proporción de concentrado en la dieta.

Heredia (2009) consideró pertinente preparar harina de plátano en estufa para incorporarla en la alimentación de cuyes machos mejorados en crecimiento. De acuerdo a los siguientes tratamientos: T₁, testigo; T₂, 10% de harina de plátano; T₃, 20% de harina de plátano; T₄, 30% de harina de plátano. El concentrado representó el 70% de la materia seca consumida y el forraje (Rye Grass) el remanente 30%. Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, se obtuvieron los siguientes resultados: 43.5, 43.9, 43.4 y 43.1 gramos de materia consumida por cuy por día; 623.4, 540.4, 628.2 y 675.8 gramos de incremento de peso por cuy; 4.88, 5.69, 4.84 y 4.47 gramos de alimento consumido por gramo de peso vivo incrementado; 6.36, 7.524, 6.486 y 6.097 nuevos soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado. No hubo efectos sobre el consumo de alimento, los incrementos de peso logrados por el tratamiento 4 superaron al testigo en 8%, así como la eficiencia de utilización del alimento, en tanto que el mérito económico fue mejor en 4%. Fisiológicamente la harina de plátano es adecuada para la alimentación de cuyes mejorados en crecimiento, pero la magnitud del mérito económico está en función del precio de la fruta, que depende de la cantidad producida en chacra, de las facilidades de comercialización, etc., por lo que su uso es recomendable en la proporción de 30% del concentrado. Los resultados de este trabajo de investigación ponen en evidencia que es factible lograr excelentes conversiones alimenticias en cuyes mejorados empleando mayores proporciones de concentrados y que pueden alcanzarse bajo adecuadas condiciones económicas.

Toro (2009) consideró la incorporación de lecitina de soja a las raciones de cuyes mejorados en crecimiento para determinar el efecto sobre el rendimiento y

características de la carcasa de cuyes mejorados de 25 días de edad durante diez semanas experimentales. Se implementaron los siguientes tratamientos: T₁, testigo; T₂, 2400 mg de lecitina de soja por 10 kilos de concentrado; T₃, 4800 mg de lecitina de soja por 10 kilos de concentrado; T₄, 9600 mg de lecitina de soja por 10 kilos de concentrado. Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto se obtuvieron los siguientes resultados: 3414.8, 3771.7, 3795 y 3411.3 gramos de materia seca consumidos por cuy; 831, 802.8, 867.8 y 881.4 gramos de peso vivo incrementado por cuy; 838.6, 805.3, 829.1 y 880.4 gramos de peso de carcasa caliente; 809.6, 779.8, 803.6 y 861.7 gramos de peso de carcasa oreada (24 horas); 72.54, 70.68, 69.8 y 72.8% de rendimiento de carcasa caliente; 70.03, 68.40, 67.70 y 71.30% de rendimiento de carcasa oreada; 4.11, 4.70, 4.37 y 3.87 kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado; 3.37, 4.35, 4.54 y 4.99 nuevos soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado. Las diferencias entre tratamientos, para incrementos de peso y pesos de carcasas, no alcanzaron significación estadística; sin embargo, con 2400 mg de lecitina se superó al testigo en 6.1% para incremento de peso vivo; 5% para peso de carcasa caliente; 6.4% para peso de carcasa oreada; 5.8% para conversión alimenticia; además, con lecitina las mermas en el peso de la carcasa tendieron a ser menores.

2.2. Bases Teóricas

Los principios contenidos en el orégano (carvacrol y timol, principalmente) tienen acción anti bacteriana y anti oxidante (Daouk *et al.*, 1995; Sivropoulou *et al.*, 1996; Yanishlieva *et al.*, 1999; Cervato *et al.*, 2000; Dorman y Deans, 2000; Lambert *et al.*, 2001; Yanishlieva, 2001; Ultee *et al.*, 2002; Varel, 2002; Young *et al.*, 2003; Botsoglou *et al.*, 2004, 2005; Giannenas *et al.*, 2005; Simitzis *et al.*, 2008; Reiner *et al.*, 2009), lo que debería permitir que los cuyes puedan lograr índices productivos eficientes sin necesidad de emplear APC.

Los modernos animales de interés zootécnico son reconocidos por sus elevadas producciones, las que se basan en la ingestión de dietas de alto valor nutritivo; se asume que las partículas nutritivas podrían pasar muy rápido por el tracto gastrointestinal que buena parte de los nutrientes podrían excretarse, debido a que los enzimas endógenos se saturarían sin tener la oportunidad de accionar debidamente sobre ellas; por tal motivo, para mantener una K_M casi constante se teoriza que la suplementación de enzimas de origen exógeno permitiría una mejor digestión y absorción (Stryer *et al.*, 2013).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Consumo de Alimento

En la Tabla 3 se consigna la información obtenida con relación al consumo de alimento de cuyes mejorados, en crecimiento, que recibieron orégano y un complejo enzimático en el alimento.

Tabla 3.

Consumo de alimento de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento

Período	Tratamientos		
Experimental	T ₁	T ₂	T ₃
Días experimentales	70	70	70
Cuyes	18	18	18
APC en el alimento	No	Sí	No
O + CE en el alimento	No	No	Sí
Gramos/ cuy por semana:			
Primera	258.1 ^a	265.3 ^a	274.4 ^a
Segunda	326.5 ^a	331.4 ^a	344.9 ^a
Tercera y Cuarta	789.4 ^a	730.5 ^a	738.2 ^a
Quinta y Sexta	880.6 ^a	840.6 ^a	850.9 ^a
Séptima y Octava	969.9 ^a	956.4 ^a	958.7 ^a
Novena y décima	1107.9 ^a	1096.2 ^a	1087.4 ^a
Acumulado	4332.4 ^a	4220.4 ^a	4254.4 ^a
Consumo promedio por día	61.9	60.3	60.8

^a Letras exponenciales iguales sobre los promedios indican que las diferencias entre tratamientos, dentro de períodos, no alcanzaron significación estadística ($P>0.05$).

El análisis estadístico (Anexos) mostró que las diferencias entre los tratamientos, dentro de los períodos, así como con el consumo acumulado no alcanzaron significación estadística ($P>0.05$). En la Figura 1 se muestra el comparativo porcentual entre tratamientos para evaluar el comportamiento del consumo, notándose que en las dos primeras semanas el consumo del tratamiento 2 (con APC) superó al testigo negativo (sin APC y sin O+CE) en 2.8 y 1.5%, respectivamente; en tanto que el tratamiento 3 (con O+CE) lo hizo en 6.3 y 5.6%; sin embargo, desde la tercera semana el consumo estuvo por debajo del testigo y conforme transcurrió el tiempo el consumo de ambos tratamientos trató de aproximarse al testigo negativo pero sin llegar a igualarlo (en el mejor de los casos a estar 1.1% por debajo).

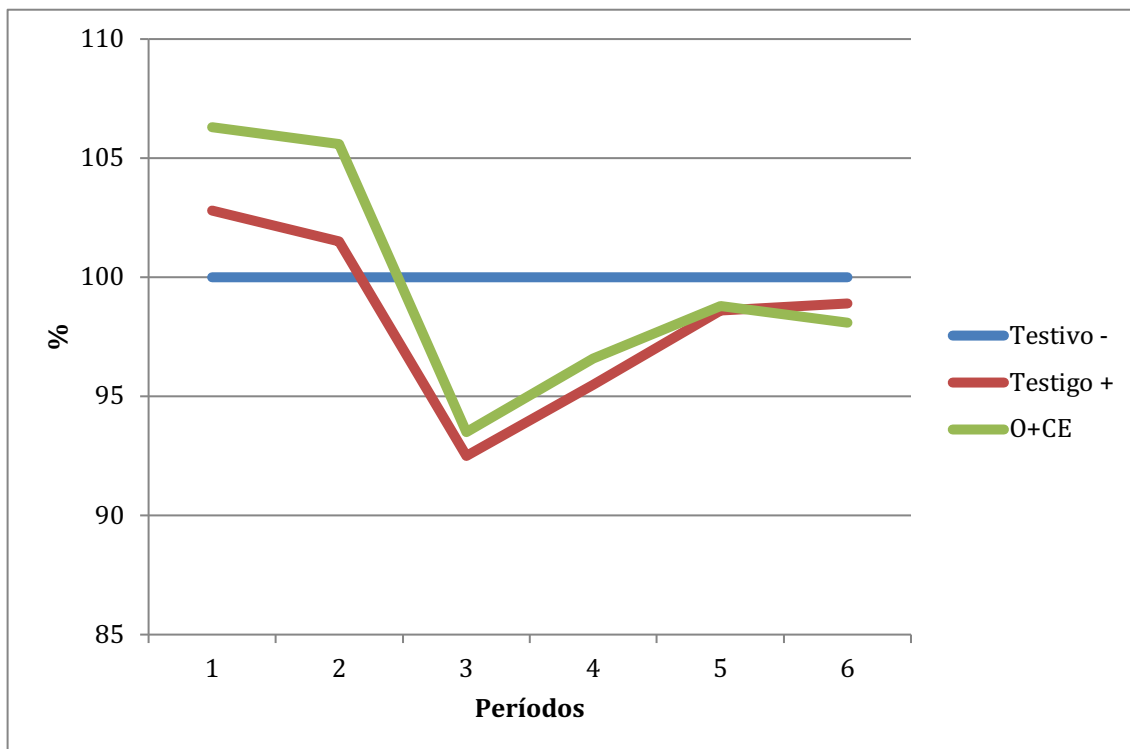


Figura 1. Comparativo porcentual entre tratamientos, dentro de períodos, para consumo de alimento

Al considerar el consumo acumulado, en comparación con el testigo negativo, el testigo positivo y el O+CE estuvieron 2.6 y 1.8%, respectivamente, por debajo. Lo resaltante de la Figura 1 es el gran parecido del comportamiento del consumo de alimento del tratamiento que recibió APC y del que recibió O+CE. Como han indicado los reportes bibliográficos (Coates *et al.*, 1955; Jukes *et al.*, 1956; Coates *et al.*, 1963; Franti *et al.*, 1972; Moore y Holdeman, 1974; Savage, 1977; Visek, 1978; Lee, 1984; Frankel *et al.*, 1994; Anderson *et al.*, 1999; Mackie *et al.*, 1999; Jensen, 2001; Gaskins, 2001; Snel *et al.*, 2002) la acción de los APC se centra en su efecto sobre el TGI, ya sea sobre los tejidos o sobre la flora que lo colonizó; en consecuencia, podría asumirse el mismo tipo de comportamiento del tratamiento que incluyó O+CE. Se podría asumir que si en ambos tratamientos se mejoró las condiciones nutricionales el consumo tendería a disminuir, toda vez que consumiendo un poco menos los animales cubrieron sus necesidades nutritivas.

3.2. Incrementos de Peso Vivo

En la Tabla 4 se consigna la información obtenida con relación a los incrementos de peso vivo de cuyes mejorados, en crecimiento, que recibieron orégano y un complejo enzimático en el alimento.

Tabla 4.

Incrementos de peso vivo de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento

Período Experimental	Tratamientos		
	T ₁	T ₂	T ₃
Días experimentales	70	70	70
Cuyes	18	18	18
APC en el alimento	No	Sí	No
O + CE en el alimento	No	No	Sí
Gramos/ cuy por semana:			
Primera	73.5 ^a	73.8 ^a	72.8 ^a
Segunda	79.1 ^a	66.2 ^a	78.5 ^a
Tercera y Cuarta	184.6 ^a	172.2 ^a	180.8 ^a
Quinta y Sexta	132.5 ^a	139.6 ^a	129.0 ^a
Séptima y Octava	162.3 ^a	163.4 ^a	158.5 ^a
Novena y décima	132.6 ^a	137.5 ^a	118.4 ^a
Acumulado	764.5 ^a	755.7 ^a	738.1 ^a
Incremento promedio por día	10.9	10.8	10.5

^a Letras exponenciales iguales sobre los promedios indican que las diferencias entre tratamientos, dentro de períodos, no alcanzaron significación estadística ($P>0.05$).

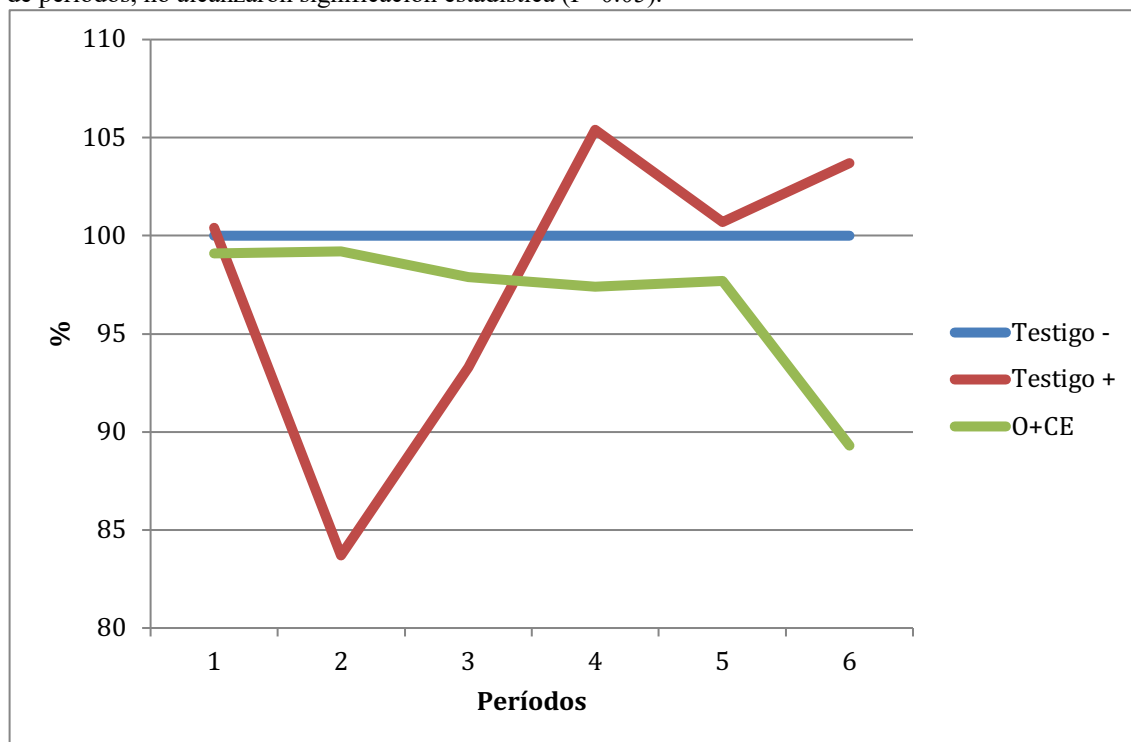


Figura 2. Comparativo porcentual entre tratamientos, dentro de períodos, para incremento de peso vivo

El análisis estadístico permitió determinar que las diferencias entre los tratamientos, dentro de períodos, no alcanzaron significación estadística. Así mismo, evaluados los incrementos acumulados de peso vivo se determinó que la componente residual de varianza estuvo uniformemente distribuida y aplicado el análisis de covarianza se determinó que después de corregir por efecto del peso inicial las diferencias continuaron siendo no significativas.

En la Figura 2 se presenta el comportamiento (en comparativo porcentual con el testigo negativo) de los tratamientos 2 y 3. Se observó que el tratamiento 2 (con APC) estuvo definidamente por encima del testigo negativo en dos oportunidades, en el período comprendido por las semanas experimentales V y VI (5.4%) y en el comprendido por las semanas IX y X (3.7%), en el resto de los momentos fue casi igual o estuvo debajo. En tanto que el tratamiento 3 (O+CE) siempre se mantuvo por debajo, aunque, con excepción del último período, muy cerca de lo exhibido por el testigo negativo.

Como es evidente, el comportamiento de los incrementos de peso no siguió al del consumo de alimento. Aparentemente, los cuyes no son una especie que sea muy homogénea en cuanto al comportamiento productivo, lo cual podría estar en función de lo relativamente jóvenes que son las razas; sin embargo, el indicador productivo es superior al de los cuyes no mejorados. Por esto fue preferible comentar el incremento acumulado de peso vivo. Al comparar el incremento de los tratamientos 2 y 3 con el testigo negativo se determinó que estuvo ligeramente por debajo en 1.1 y 3.4%, respectivamente; como se indicó, las diferencias no alcanzaron significación estadística ($P>0.05$). De acuerdo con esto, el APC o la combinación O+CE no fueron capaces de promocionar menores incrementos de peso que el testigo negativo, lo que podría ser un primer indicador de su no adecuación, en las proporciones ensayadas, en el rendimiento

de los cuyes. Adicionalmente, la no conveniencia del empleo de APC va más allá del indicador productivo, tiene que ver con los problemas de resistencia a los antibióticos en las personas.

Diferentes investigaciones indican que la cantidad de personas que exhiben resistencia a los antibióticos guarda relación directa con el uso de APC en la alimentación de los animales de interés zootécnico, entre otros factores; con mayor razón tratándose de una especie que dispone de una amplia flora benéfica a nivel del ciego, ya que los antibióticos no distinguen entre flora buena y nociva (Moore y Holdeman, 1974; Savage, 1977; Lee, 1984; Roura *et al.*, 1992; Mackie *et al.*, 1999; Kelly y King, 2001; Jensen, 2001; Gaskins, 2001; Snell *et al.*, 2002; Dibner y Richards, 2005; Davies *et al.*, 2010).

Para los incrementos acumulados en los tres tratamientos correspondieron incrementos diarios, promedio por cuy, de 10.9, 10.8 y 10.5 gramos; en comparación con los resultados de trabajos en los que se evaluó diferentes edades, insumos y proporciones forraje: concentrado en la dieta, los resultados obtenidos en el presente ensayo se consideran muy buenos. Así, Ibáñez (2003) obtuvo incrementos promedio diario por cuy entre 6.76 y 9.11 evaluando una fuente de Inulina; Burga (2007) obtuvo entre 8.71 y 9.98 gramos con selenio-metionina; Rivadeneyra (2008) entre 6.69 y 7.19 gramos con un estimulante nutricional del metabolismo; Marrufo (2008) entre 6.47 y 7.90 gramos con micro minerales orgánicos; Heredia (2009) entre 7.72 y 9.65 gramos al evaluar los efectos de harina de plátano tratada térmicamente; Toro (2009) entre 11.46 y 12.59 gramos al determinar los efectos de la suplementación de lecitina. Con excepción de los resultados obtenidos por Toro (2009) el resto reportaron resultados, siendo buenos, iguales o por debajo de los obtenidos en el presente ensayo; las diferencias mayores podrían atribuirse a las diferencias genéticas de los animales.

3.3. Conversión Alimenticia

En la Tabla 5 se consigna la información obtenida con relación a la conversión alimenticia de cuyes mejorados, en crecimiento, que recibieron orégano y un complejo enzimático en el alimento.

Tabla 5.

Conversión alimenticia de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento

Período Experimental	Tratamientos		
	T ₁	T ₂	T ₃
Días experimentales	70	70	70
Cuyes	18	18	18
APC en el alimento	No	Sí	No
O + CE en el alimento	No	No	Sí
Gramos/ cuy por semana:			
Primera	3.57 ^a	3.63 ^a	3.79 ^a
Segunda	4.16 ^a	5.04 ^a	4.43 ^a
Tercera y Cuarta	4.29 ^a	4.17 ^a	4.12 ^a
Quinta y Sexta	6.78 ^a	6.03 ^a	6.68 ^a
Séptima y Octava	5.99 ^a	5.90 ^a	6.11 ^a
Novena y décima	8.43 ^a	8.04 ^a	9.22 ^a
Acumulado	5.67 ^a	5.59 ^a	5.77 ^a

^a Letras exponenciales iguales sobre los promedios indican que las diferencias entre tratamientos, dentro de períodos, no alcanzaron significación estadística ($P>0.05$).

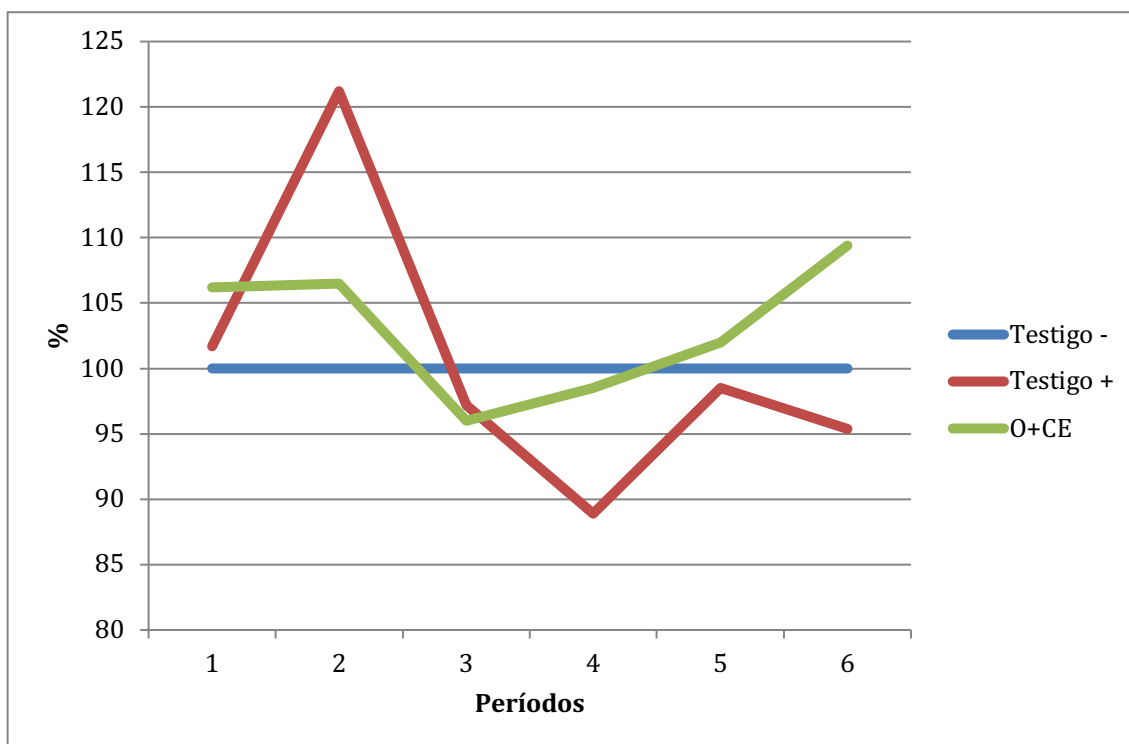


Figura 3. Comparativo porcentual entre tratamientos, dentro de períodos, para conversión alimenticia

El análisis estadístico (anexos) permitió determinar que las diferencias entre los tratamientos, dentro de períodos, no alcanzaron significación estadística. En la Figura 3 se presenta el comportamiento de la conversión alimenticia a través de todo el ensayo, apreciándose que los tratamientos 2 y 3 fueron menos o más eficientes que el testigo negativo en diferentes momentos del ensayo. En el caso del tratamiento con APC fue más eficiente que el testigo a partir del tercer período experimental; en tanto que el tratamiento con O+CE fue más eficiente en el tercer y cuarto período, en el resto fue menos eficiente en la utilización del alimento para incrementar peso vivo.

Al considerar la conversión alimenticia acumulada, siempre en comparación con el tratamiento testigo positivo, el tratamiento con APC fue más eficiente en 1.4% y el tratamiento con O+CE fue 1.8% menos eficiente. No obstante, se puede asumir que todos los tratamientos presentaron similar eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso vivo.

De estos resultados podría inferirse que los cuyes mejorados y en crecimiento no requieren de APC ni de otro suplemento para obtener eficiente utilización del alimento, siempre que se les suministre concentrado en proporción de 60% o superior en relación con el forraje y que el manejo, sobre todo sanitario, sea eficiente. No obstante, la ligera mejora en la eficiencia del tratamiento con APC puede explicarse por su acción sobre el intestino (Coates *et al.*, 1955; Jukes *et al.*, 1956; Coates *et al.*, 1963; Franti *et al.*, 1972; Visek, 1978; Frankel *et al.*, 1994; Anderson *et al.*, 1999).

Sin embargo, los productores empezaron a emplear los APC en la alimentación de cuyes debido a que lo importaron desde la avicultura o porcicultura como medida preventiva, lo cual resulta siendo paradójico si se tiene en consideración que bajo condiciones adecuadas de manejo sanitario es muy probable que los cuyes nunca hayan portado grandes cantidades de patógenos como para desarrollar problema sanitario

alguno; así, el empleo de APC sin sustrato propiciaría que las bacterias intestinales de cualquier tipo (patógeno o benéfico) se acostumbren al antibiótico y desarrollen resistencia.

Valores de eficiencia de utilización de los alimentos para incrementar peso vivo inferiores a los encontrados en el presente ensayo han sido reportados por Ibáñez (2003), Burga (2007), Rivadeneyra (2008) y Marrufo (2008) con valores de conversión alimenticia entre 4.92 y 6.45, 7.52 y 8.71, 8.5 y 9, 7.76 y 9.23, respectivamente. Pero eficiencia ligeramente o definitivamente mayor se reportó por Heredia (2009), con conversiones promedio entre 4.47 y 5.69, y Toro (2009) con conversiones entre 3.87 y 4.7.

3.4. Mérito Económico, Peso y Rendimiento de Carcasa

En la Tabla 6 se presenta la información obtenida con relación al mérito económico, peso y rendimiento de carcasa de cuyes mejorados, en crecimiento, que recibieron orégano y un complejo enzimático en el alimento.

Tabla 6.

Mérito económico, peso y rendimiento de carcasa de cuyes mejorados que recibieron orégano (O) y un complejo enzimático (CE) en el alimento

Período Experimental	Tratamientos		
	T ₁	T ₂	T ₃
Días experimentales	70	70	70
Cuyes	06	06	06
APC en el alimento	No	Sí	No
O + CE en el alimento	No	No	Sí
Mérito económico acumulado	6.28	6.23	6.50
Peso de carcasa, g.	851.3 ^a	747.8 ^a	766.0 ^a
Rendimiento de carcasa, %	73.82 ^a	73.58 ^a	74.78 ^a

^a Letras exponenciales iguales sobre los promedios indican que las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significación estadística (P>0.05).

Como se puede observar el mérito económico acumulado fue muy parecido entre los tratamientos; sin embargo, al realizar el comparativo porcentual se pudo determinar que el tratamiento 3 (O+CE) fue 3.5% menos eficiente que el tratamiento testigo negativo.

Debido a que el empleo de Orégano (16 soles por kilo) y del Complejo Enzimático (30 soles por kilo) encarecieron ligeramente a los concentrados, se utilizaron en proporciones relativamente pequeñas, y este tratamiento no pudo mejorar la eficiencia de utilización del alimento en comparación a los otros dos, la eficiencia del mérito económico estuvo ligeramente por debajo de la obtenida con el testigo negativo. Si bien el mérito económico del tratamiento con APC resultó numéricamente mejor que el del testigo negativo la diferencia fue pequeña(0.8%), este comportamiento corroboraría la apreciación anterior en la que se indicó que, aparentemente, los cuyes no son muy sensibles a los efectos promotores del APC y no tendría sentido emplearlo en esta especie; sin embargo, siempre debería considerarse que el efecto de los APC es mayor cuando las condiciones sanitarias del ambiente de crianza son inadecuadas, situación que ocasiona desbalance en la flora del tracto gastrointestinal, esto no se dio en el presente ensayo ya que hubo un estricto control del manejo sanitario.

En diversas investigaciones se ha indicado que el tracto gastrointestinal (TGI) de los vertebrados contiene un grupo diverso de micro flora, aunque predominan las bacterias y particularmente las gram positivas. Existen tantas como 500 especies de bacterias en la micro flora del TGI, con cantidades de 10^{10} a 10^{12} células bacteriales/ g de contenido del colon o heces. Se ha indicado que estas cantidades son consistentes con la estimación que indica que las células bacteriales superan a las células del hospedero en la proporción de 10:1. Se sabe que la población bacteriana influencia una variedad de procesos de tipo inmunológico, fisiológico, nutricional y protectores del TGI y ejerce profundos efectos sobre la salud general, desarrollo y rendimiento de los no rumiantes; cuando se comparó animales criados convencionalmente versus estériles (libres de gérmenes) se demostró que las bacterias comensales juegan roles importantes en el desarrollo de órganos, tejidos y sistema inmune, así como proporcionando

compuestos nutricionales (Moore y Holdeman, 1974; Savage, 1977; Lee, 1984; Mackie *et al.*, 1999; Jensen, 2001; Gaskins, 2001; Snel *et al.*, 2002).

Sin embargo, no se debe asumir que se está abogando por el empleo de APC; al contrario, la resistencia a los antibióticos mostrada por las bacterias, tanto comensales como de tipo patógeno, hace inadecuado su empleo por lo que debe determinarse un reemplazo, o reemplazos, que permita sostener el rendimiento animal. En trabajos realizados con pollos de carne, como el de Olano (2019), se indica que cuando se hace un estricto control sanitario del ambiente parece intrascendente el empleo de APC, lo que podría asumirse también para los cuyes mejorados.

El análisis estadístico (anexos) permitió determinar que las diferencias, entre el peso de carcasa y el rendimiento de carcasa, no alcanzaron significación estadística. Pero resultó interesante la tendencia del rendimiento de carcasa, con el testigo positivo se obtuvo el promedio menor, seguido del testigo negativo y con el mayor rendimiento resultó el tratamiento con O+CE.

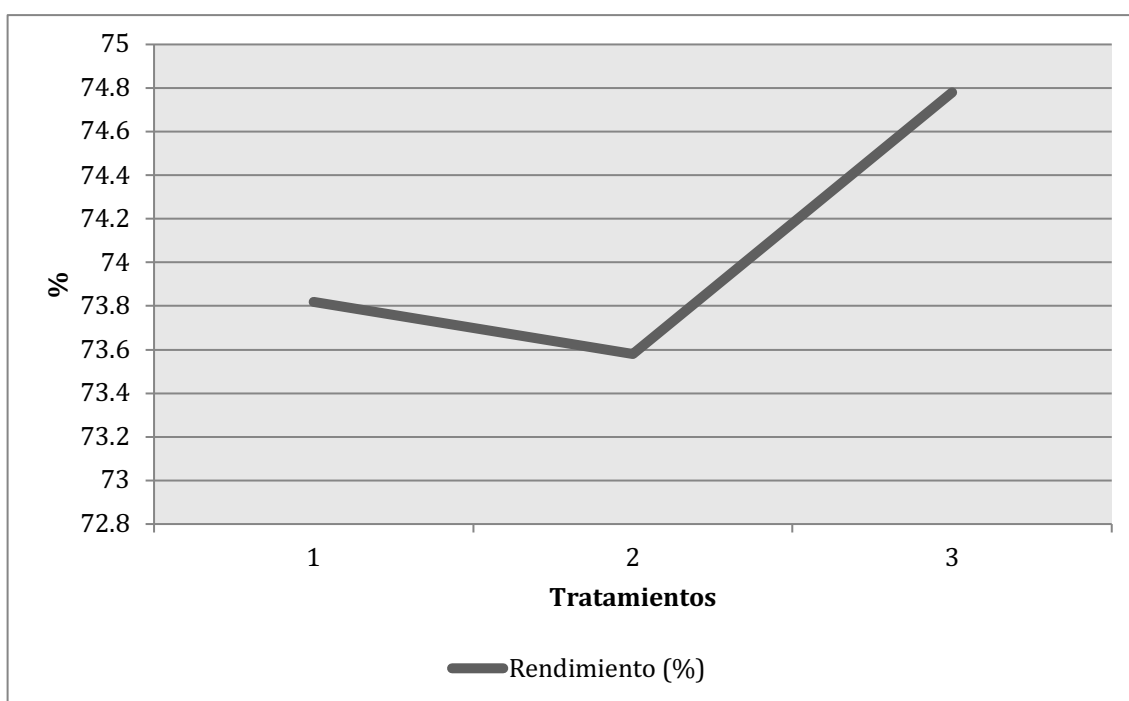


Figura 4. Comparativo entre tratamientos para el rendimiento de carcasa

Se asumió que, si la acción del APC se centra sobre el TGI, cuyos se efectos se reflejan en el grosor de los tejidos (pared y vellosidades) (Coates *et al.*, 1955; Jukes *et al.*, 1956; Coates *et al.*, 1963; Franti *et al.*, 1972; Visek, 1978; Frankel *et al.*, 1994; Anderson *et al.*, 1999) se podría obtener mayor rendimiento de carcasa; es decir, con APC el TGI puede ser menos pesado que cuando no se emplea. No obstante, la tendencia encontrada no respalda la presunción mencionada. Al parecer el orégano y el complejo enzimático si lo hicieron, desde ese aspecto podría asumirse que el APC si puede dejar de usarse.

La importancia de la salud intestinal en el rendimiento animal ha sido resaltado por Roberts *et al.* (2015), Skoufos *et al.* (2016), Abudabos *et al.* (2018), Mohiti-Asli y Ghanaatparast-Rashti (2018), entre otros, incidiendo en la trascendencia del empleo de principios contenidos en fitobióticos y exo-enzimas; sobre todo considerando que la acción fitobiótica implica mayor producción de endo-enzimas, que permitiría el desarrollo de aparato digestivo de menor peso y que se reflejaría en mayor rendimiento de carcasa.

CONCLUSIONES

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

1. El consumo de alimento no fue afectado ($P>0.05$) por la presencia de la combinación de orégano y de un complejo enzimático, ni por la de APC; no obstante, proporcionalmente fue inferior en alrededor de 2% con relación al testigo negativo.
2. La presencia de la combinación de orégano y exo-enzimas, así como la de APC, no afectaron significativamente ($P>0.05$) a los incrementos de peso vivo; sin embargo, estuvieron ligeramente por debajo del testigo negativo en 1.1 y 3.4% respectivamente para el APC y la combinación.
3. La eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo fue estadísticamente igual ($P>0.05$) entre todos los tratamientos.
4. El mérito económico logrado con la combinación de orégano y complejo enzimático fue 3.5% más caro que con el testigo negativo.
5. No hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos para peso y rendimiento de carcasa; sin embargo, con la combinación de orégano y complejo enzimático se mostró un claro indicador de mejora en el rendimiento.

RECOMENDACIONES

- 1.** No emplear APC en la alimentación de cuyes mejorados en crecimiento, con manejo sanitario adecuado, por cuanto no ejerce acción benéfica sobre los indicadores del rendimiento.
- 2.** Evaluar el efecto del orégano sobre características de calidad de la carcasa y de la carne.
- 3.** Evaluar al orégano bajo condiciones de desafío sanitario en la crianza de cuyes mejorados en crecimiento.
- 4.** Realizar investigaciones con orégano y complejo enzimático con otras dosis en la alimentación de cuyes.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abudabos, A. M., Alyemni, A. H., Dafalla, Y. M., & Khan, R. U. (2018). The effect of phytogenics on growth traits, blood biochemical and intestinal histology in broiler chickens exposed to *Clostridium perfringens* challenge. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 691-695. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1383258>
- Aminov, R. I. (2009). The role of antibiotics and antibiotic resistance in nature. *Environ. Microbiol.* 11:2970–2988
- Anderson, D. B., McCracken, V. J., Aminov, R. I., Simpson, J. M., Mackie, R. I., Vestegen, M. W. A., and Gaskins, H. R. (1999). Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Pig News Inf.* 20:115N–122N.
- Ascurra, E. (2019). Relación forraje: concentrado y afrecho de soja en la dieta de cuyes Perú en crecimiento. Tesis Ing. Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Ashbolt, N. J., Amezquita, A., Backhaus, T., Borriello, P., Brandt, K. K., Collignon, P., Coors, A., Finley, R., Gaze, W. H., Heberer, T., Lawrence, J. R., Larsson, D. G., Mcewen, S. A., Ryan, J. J., Schonfeld, J., Silley, P., Snape, J. R., Van Den Eede, C., & Topp, E. (2013). Human Health Risk Assessment (HHRA) for environmental development and transfer of antibiotic resistance. *Environmental Health Perspectives*. 121: 993–1001.
- Ayala, L., Martínez, M., Acosta, A., Dieppa, O., & Hernández, L. (2006). Una nota acerca del efecto del orégano como aditivo en el comportamiento productivo de pollos de ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40, 455-458.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Isaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils - A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446-475.
- Botsoglou, N. A., Christaki, E., Florou-Paneri, P., Giannenas, I., Papageorgiou, G., & Spais, A. B. (2004). The effect of a mixture of herbal essential oils or alpha-tocopheryl acetate on performance parameters and oxidation of body lipid in broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34: 52–61.
- Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., Botsoglou, E., Dots, V., Giannenas, I., Koidis, A., & Mitrakos, P. (2005). The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and alpha-tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 35: 143–151.
- Bouki, C., Venieri, D., Diamadopoulos, E. (2013). Detection and fate of antibiotic resistant bacteria in wastewater treatment plants: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 91, 1–9. doi:10.1016/j.ecoenv.2013.01.016
- Bunge, M. (1972). La Investigación Científica, su Estrategia y su Filosofía. 2da edición. Ediciones Ariel. Barcelona, España.
- Burga S., L. (2007). Crecimiento de cuyes con dietas suplementadas con selenio-metionina. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- Carro, M. D., & Ranilla, M. J. (2002). Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativas. *Exopol. circular*, 90(7).
- Cervato, G., Carabelli, M., Gervasio, S., Cittera, A., Cazzola, R., & Cestaro, B. (2000). Antioxidant properties of oregano (*Origanum vulgare*) leaf extracts. *J. Food Biochem.* 24: 453–465.

- Centers for Disease Control and Prevention (2018). What Exactly is Antibiotic Resistance? [online] Available at: <https://www.cdc.gov/drugresistance/about.html> [Accessed 23 Nov. 2018].
- Chee-Sanford, J. C., Mackie, R. I., Koike, S., Krapac, I. G., Lin, Y. F., Yannarell, A. C., Maxwell, S., & Aminov, R. I. (2009). Fate and transport of antibiotic residues and antibiotic resistance genes following land application of manure waste. *J. Environ. Qual.* 38(3):1086-1108. doi: 10.2134/jeq2008.0128.
- Coates, M. E., Davies, M. K., & Kon, S. K. (1955). The effect of antibiotics on the intestine of the chick. *Br. J. Nutr.* 9:110–119.
- Coates, M. E., Fuller, R., Harrison, G. F., Lev, M., & Suffolk, S. F. (1963). Comparison of the growth of chicks in the Gustafsson germ-free apparatus and in a conventional environment, with and without dietary supplements of penicillin. *Br. J. Nutr.* 17:141–151.
- Como, G., Coci, M., Giardina, M., Plechuk, S., Campanile, F., & Stefani, S. (2014). Antibiotics promote aggregation within aquatic bacterial communities. *Front. Microbiol.* 5: 1–9. doi:10.3389/fmicb.2014.00297.
- Cowan, W. D., Korsbak, A., Hastrup, T., & Rasmussen, P. B. (1996). Influence of added microbial enzymes on energy and protein availability of selected feed ingredients. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60: 311 – 319.
- Cromwell, G. L. (2001). Antimicrobial and pro microbial agents. In: Swine nutrition. (A. Lewis and L. Southern, ed.) 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 401–426.
- Danso, P. O., Yang, Y. S., & Cao, N. (2019). Fate and transport of antibiotics and ARG's in the agrifood system: A review. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 8(1): 40-49.
- Daouk, R. K., Dagher, S. M., & Sattout, E. J. (1995). Antifungal activity of the essential oil of *Origanum syriacum* L. *J. Food Prot.* 58: 1147–1149.
- Dasgupta, A. & Klein, K. (2014). Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements: Prevention and Treatment of Disease. Elsevier. San Diego, CA, USA.
- Davies, J., & Davies, D. (2010). Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 74: 417–433.
- 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.
- Dibner, J. J. & Richards, J. D. (2005). Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poultry Science*, 84:634–643.
- Ding, C., & He, J. (2010). Effect of antibiotics in the environment on microbial populations. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 87, 925-941. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-010-2649-5>
- Dorman, H. J. D., & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88: 308–316.
- Frankel, W. L., Zhang, W., Singh, A., Klurfeld, D. M., Don, S., Sakata, T., Modlin, I., & Rombeau, J. L. (1994). Mediation of the trophic effects of short-chain fatty acids on the rat jejunum and colon. *Gastroenterology*. 106:375–380.
- Franti, C. E., Julian, L. M., Adler, H. E., & Wiggins, A. D. (1972). Antibiotic growth promotion: Effects of zinc bacitracin and oxytetracycline on digestive circulatory, and excretory systems of New Hampshire cockerels. *Poult. Sci.* 51:1137–1145.

- Fuente, J. M., Pérez de Ayala, P., and Villamide, M. J. (1995). Effect of dietary enzyme on the metabolizable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 56: 45 - 53.
- Gaskins, H. R. (2001). Intestinal bacteria and their influence on swine growth. In: *Swine Nutrition*. 2nd ed. (A. J. Lewis and L. L. Southern, ed.) CRC Press, Boca Raton, FL. Pages 585–608.
- Giannenas, I. A., Florou-Paneri, P., Botsoglou, N. A., Christaki, E., & A. B. Spais. (2005). Effect of supplementing feed with oregano and/or tocopheryl acetate on growth of broiler chickens and oxidative stability of meat. *J. Anim. Feed Sci.* 14: 521- 535.
- Heredia, L. (2009). Harina de plátano tratada térmicamente en la dieta de cuyes Perú y su efecto sobre el rendimiento. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. 5ta edición. McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V. Impreso en Chile.
- Hicks, L. A., Taylor, T. H., & Hunkler, R. J. (2010). More on U.S. outpatient antibiotic prescribing. *New England Journal of Medicine* 2013, 368, (15), 1461-1462.
- Ibañez M., G. del P. (2003). Sustitución del antibiótico promotor del crecimiento por una fuente de inulina en la dieta de cuyes mejorados en crecimiento-engorde. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Jamroz, D., Wiertelicki, T., Houszka, M., & Kamel, C. (2006). Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* (Berl.) 90: 255–268.
- Jensen, B. B. (2001). Possible ways of modifying type and amount of products from microbial fermentation in the gut. In: *Gut Environment of Pigs*. (A. Piva, K. E. Bach Knudsen and J. E. Lindberg, ed.) Nottingham University Press, Nottingham, UK. Pages 181–200.
- Jukes, T. H., Hill, D. C., & Branion, H. D. (1956). Effect of feeding antibiotics on the intestinal tract of the chick. *Poult. Sci.* 35:716–723.
- Kelly, D., & King, T. P. (2001). Luminal bacteria: Regulation of gut function and immunity. Pages 113–131 in *Gut Environment of Pigs*. A. Piva, K. E. Bach Knudsen, and J. E. Lindberg, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Kenworthy, R., & Crabb, W. E. (1963). The intestinal flora of young pigs with reference to early weaning and *Escherichia coli* scours. *J. Comp. Pathol.* 73:215–228.
- Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. E. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol.* 91: 453 – 462.
- Lee, A. (1984). Neglected niches: The microbial ecology of the gastrointestinal tract. In: *Advances in Microbial Ecology*. (K. Marshall, ed.) Plenum Press, New York. Pages 115–162.
- Mackie, R. I., Sghir, A., & Gaskins, H. R. (1999). Developmental microbial ecology of the neonatal gastrointestinal tract. *Am. J. Clin. Nutr.* 69:1035S.
- Marrufo, M. (2008). Micro-minerales orgánicos para el crecimiento y características de la carcasa de cuyes mejorados en Cutervo. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad

- de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Marquardt, R. R., Brenes, A., Zhang, Z., and Boros, D. (1996). Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60: 321 - 330.
- Mathlouthi, N., Bouzaïenne, T., Oueslati, I., Recoquillay, F., Hamdi, M., Urdaci, M., & Bergaoui, R. (2011). Use of rosemary, oregano, and a commercial blend of essential oils in broiler chickens: In vitro antimicrobial activities and effects on growth performance. *J. Anim. Sci.* 90:813-823.
- McDowell, L.R., Conrad, J., Thomas, J., & Harris, L.E. (1974). Latin American Tables of Feed Composition. University of Florida. Gainesville, Florida, USA.
- Merstad, O. & McNab, J. M. (1975). The effect of heat treatment and enzyme supplementation on the nutritive value of barley for broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 16: 1-8.
- Mohiti-Asli, M., & Ghanaatparast-Rashti, M. (2018). Comparing the effects of a combined phytogetic feed additive with an individual essential oil of oregano on intestinal morphology and microflora in broilers. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 184-189. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1284074>
- Moore, W. E. & Holdeman, L. V. (1974). Human faecal flora: The normal flora of 20 Japanese-Hawaiians. *Appl. Microbiol.* 27:961-979.
- Moss, B. R., Beechler, A. F., Newman, C. W., & Ei-Negoumy, A. M. (1977). Enzyme supplementation of broiler rations. *Poult. Sci.* 56: 1741.
- Odetallah, N. H. (2000). Dietary enzyme supplementation to alleviate enteric disorders in turkeys. Ph.D. Thesis. North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.
- Odetallah, N. H., Parks, C. W., & Ferket, P. R. (2002a). Effect of Natugrain enzyme preparation on the performance characteristics of tom turkeys fed wheat-based Rations. *Poult. Sci.* 81: 987-994.
- Odetallah, N. H., Ferket, P. R., Grimes, J. L., & McNaughton, J. L. (2002b). Effect of mannan-endo-1,4- β -mannosidase on the growth performance of turkeys fed diets containing 44% crude protein and 48% crude protein soybean meal. *Poult. Sci.* 81: 1322-1331.
- Ostle, B. 1979. Estadística Aplicada. Editorial Limusa. México, D. F. 629 pp.
- Petterson, D., & Aman, P. (1989). Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *Br. J. Nutr.* 62: 139-149.
- Pruden, A., Pei, R., Storteboom, H., & Carlson, K. H. (2006). Antibiotic resistance genes as emerging contaminants: Studies in northern Colorado. *Environ. Sci. Technol.* 40, 7445-7450. doi:10.1021/es060413l
- Reiner, G. N., Labuckas, D. O., & Garcia, D. A. (2009). Lipophilicity of some GABAergic phenols and related compounds determined by HPLC and partition coefficients in different systems. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 49: 686-691.
- Rivadeneyra H., G. V. (2008). Bioestimulante en el alimento de cuyes de la raza andina en fase de crecimiento y su efecto sobre el rendimiento. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Roberts, T., Wilson, J., Guthrie, A., Cookson, K., Vancraeynest, D., Schaeffer, J., Moody, R., & Clark, S. (2015). New issues and science in broiler chicken intestinal health: Emerging technology and alternative interventions. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(2), 257-266. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv023>
- Roose-Amsaleg, C., & Laverman, A. M. (2016). Do antibiotics have environmental side-effects? Impact of synthetic antibiotics on biogeochemical processes.

- Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 4000–4012. doi:10.1007/s11356-015-4943-3
- Rotter, B. A., Friesen, O. D., Guenter, W., & Marquardt, R. R. (1990). Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. *Poult. Sci.* 69: 1174 - 1181.
- Roura, E., Homedes, J., & Klasing, K. C. (1992). Prevention of immunologic stress contributes to the growth-permitting ability of dietary antibiotics in chicks. *J. Nutr.* 122:2382–2390.
- Savage, D. C. (1977). Microbial ecology of the gastrointestinal tract. *Annu. Rev. Microbiol.* 31:107–133.
- Scheffler, E. (1982). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A. 280 pp.
- Simitzis, P. E., Deligeorgis, S. G., Bizelis, J. A., Dardamani, A., Theodosiou, I., & Fegeros, K. (2008). Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Sci.* 79: 217–223.
- Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T., & Arsenakis, M. (1996). Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1202–1205.
- Skoufos, I., Giannenas, I., Tontis, D., Bartzanas, T., Kittas, C., Panagakis, P., & Tzora, A. (2016). Effects of oregano essential oil and attapulgit on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in broilers. *South African Journal of Animal Science*, 46(1), 77-88.
- Smith, H. W., & Jones, J. E. T. (1963). Observation on the alimentary tract and its bacterial flora in healthy and diseased pigs. *J. Pathol. Bacteriol.* 86:387.
- Snel, J., Harmssen, H. J. M., van der Wielen, P. W. J. J. & Williams, B. A. (2002). Dietary strategies to influence the gastrointestinal microflora of young animals, and its potential to improve intestinal health. In: Nutrition and Health of the Gastrointestinal Tract. (M. C. Blok, H. A. Vahl, L. de Lange, A. E. van de Braak, G. Hemke, and M. Hessing, ed.) Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. Pages 37–69.
- Stryer, L., Berg, J. M., & Tymoczko, J. L. (2013). Bioquímica con Aplicaciones Clínicas. 7^{ma} edición. Reverté. España.
- Sugiharto, S. (2016). Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(2), 99-111. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.06.001>
- Toro, J. (2009). Características del crecimiento y de la carcasa de cuyes Perú en Cutervo por efecto de la presencia de lecitina en la dieta. Tesis Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Ultee, A., Bennink, M. H. J., & Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 1561-1568.
- Varel, V. H. (2002). Carvacrol and thymol reduce swine waste odor and pathogens: Stability of oils. *Curr. Microbiol.* 44: 38-43.
- Visek, W. J. (1978). The mode of growth promotion by antibiotics. *J. Anim. Sci.* 46:1447–1469.
- Walsh, G. A., Power, R. F., & Headon, D. R. (1993). Enzymes in the animal-feed industry. *Tibtech* 11: 424–430.
- Withnall, A. (2016). The UN just declared the antibiotics crisis is as bad as the AIDS crisis. [online] The Independent. Available at: <http://www.independent.co.uk/news/science/un-signs->

[groundbreakingdeclaration-to-tackleantibiotics-threat-a7319396.html?cmpid=facebookpost](https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/groundbreaking-declaration-to-tackle-antibiotics-threat-a7319396.html?cmpid=facebookpost) [Accessed 23 Nov. 2018].

- World Health Organization (WHO) (2014). Antimicrobial resistance: global report on surveillance. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Yanishlieva-Maslarova, N. V. (2001). Inhibiting oxidation, in *Antioxidants in Food: Practical Applications*. (Pokorny, J., Yanishlieva, N., and Gordon, M., ed.). Woodhead Publishing Limited/CRC Press, Cambridge, UK. Pages 22–70.
- Yanishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H., and Raneva, V. G. (1999). Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chem.* 64:59–66.
- Young, J. F., Stagsted, J., Jensen, S. K., Karlsson, A. H., & Henckel, P. (2003). Ascorbic acid, alpha-tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. *Poult. Sci.* 82: 1343–1351.
- Yu, B., Wu, S. T., Liu, C. C., Gauthier, R., & Chiou, P. W. S. (2007). Effects of enzyme inclusion in a maize-soybean diet on broiler performance. *Anim. Feed Sci. Technol.* 134: 283 – 294.
- Zanella, I., Sakomura, N. K., Silversides, F. G., Figueirido, A., & Pack, M. (1999). Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poult. Sci.* 78: 561–568.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza con el consumo de alimento en la primera semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	636431.65	1			
Tratamientos	398.65	2	199.3	<1	NS
Residual	1330.00	6	221.7		
Total	638160.30	9			

CV= 5.6%

Anexo 2. Análisis de varianza con el consumo de alimento en la segunda semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	1005607.64	1			
Tratamientos	545.81	2	272.91	1.46	NS
Residual	1125.33	6	187.56		
Total	1007278.98	9			

CV= 4.1%

Anexo 3. Análisis de varianza con el consumo de alimento en la tercera+cuarta semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	5099015.61	1			
Tratamientos	6148.41	2	3074.2	1.55	NS
Residual	11926.73	6	1987.8		
Total	5117090.75	9			

CV= 5.9%

Anexo 4. Análisis de varianza con el consumo de alimento en la quinta+sexta semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	6615526.94	1			
Tratamientos	2597.48	2	1298.7	1.30	NS
Residual	5995.54	6	999.3		
Total	6624119.96	9			

CV= 3.7%

Anexo 5. Análisis de varianza con el consumo de alimento en la séptima+octava semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	8323225.00	1			
Tratamientos	313.45	2	156.7	<1	NS
Residual	5295.59	6	882.6		
Total	8328834.04	9			

CV= 3.1%

Anexo 6. Análisis de varianza con el consumo de alimento en la novena+décima semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	10834191.68	1			
Tratamientos	638.50	2	319.3	<1	NS
Residual	7978.04	6	1329.7		
Total	10842808.22	9			

CV= 3.3%

Anexo 7. Análisis de varianza con el consumo acumulado de alimento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	164026079.5	1			
Tratamientos	19786.9	2	9893.5	<1	NS
Residual	73383.7	6	12230.6		
Total	164119250.1	9			

CV= 2.6%

Anexo 8. Análisis de varianza con el incremento de peso en la primera semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	290693.41	1			
Tratamientos	8.48	2	4.24	<1	NS
Error experimental	3920.78	6	653.46		
Error de muestreo	55707.33	45	1237.94		
Total	350330.00	54			

CV= 34.8%

Anexo 9. Análisis de varianza con el incremento de peso en la segunda semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	300458.96	1			
Tratamientos	1894.48	2	947.24	2.53	NS
Error experimental	2247.56	6	374.59		
Error de muestreo	33675.00	45	748.33		
Total	338276.00	54			

CV= 25.9%

Anexo 10. Análisis de varianza con el incremento de peso en la tercera+cuarta semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	1753562.24	1			
Tratamientos	813.48	2	406.7	2.53	NS
Error experimental	7344.78	6	1224.13		
Error de muestreo	53808.50	45	1195.74		
Total	1815529.00	54			

CV= 19.4%

Anexo 11. Análisis de varianza con el incremento de peso en la quinta+sexta semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	965073.35	1			
Tratamientos	1040.71	2	520.36	<1	NS
Error experimental	10902.11	6	1817.02		
Error de muestreo	47184.83	45	1048.55		
Total	1024201.00	54			

CV= 31.9%

Anexo 12. Análisis de varianza con el incremento de peso en la séptima+octava semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	1406826.96	1			
Tratamientos	240.48	2	120.24	<1	NS
Error experimental	9859.23	6	1643.21		
Error de muestreo	59549.33	45	1323.32		
Total	1476476.00	54			

CV= 25.1%

Anexo 13. Análisis de varianza con el incremento de peso en la novena+décima semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	905593.50	1			
Tratamientos	3520.11	2	1760.06	1.32	NS
Error experimental	7944.56	6	1324.09		
Error de muestreo	68498.83	45	1522.20		
Total	985557.00	54			

CV= 28.1%

Anexo 14. Prueba de homogeneidad de varianzas con los incrementos acumulados de peso

Muestra	S.C. _i	G.L.	S ² _i	log ₁₀ S ² _i	G.L.x log ₁₀ S ² _i
1	144698.5	17	8511.68	3.9300	66.8103
2	230212.0	17	13541.88	4.1317	70.2385
3	194399.8	17	11435.28	4.0582	68.9902
Suma	569310.3	51	-----	-----	206.0390

$S^2=11162.95$; $B=206.4367$; $\chi^2=0.92^{NS}$

Anexo 15. Análisis de varianza con el incremento de acumulado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	30598911.13	1			
Tratamientos	6495.59	2	3247.80	1.32	NS
Error experimental	15268.11	6	2544.69		
Error de muestreo	554042.17	45	12312.05		
Total	31174717.00	54			

CV= 6.7%

Anexo 16. Análisis de covarianza entre peso inicial e incremento acumulado de peso

FV	GL	Σx^2	Σxy	Σy^2	$\Sigma y^2 - (\Sigma xy)^2 / \Sigma x^2$	GL	CM
Tratamientos	2	4639.00	641.66	6495.59			
E. Experim.	6	14961.67	-5318.56	15268.11	17158.75	5	3431.75
Trat.+E. Exp.	8	19600.67	-4676.34	21763.70	22879.38	7	-----
Diferencia para probar entre medias ajustadas de Trat.					5720.63	2	2860.

$F_{cov.} < 1^{NS}$

Anexo 17. Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la primera semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	120.8534	1			
Tratamientos	0.0757	2	0.0379	<1	NS
Residual	1.4313	6	0.2386		
Total	122.3604	9			

CV= 13.3%

Anexo 18. Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la segunda semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	185.6860	1			
Tratamientos	1.2042	2	0.6021	2.43	NS
Residual	1.4854	6	0.2476		
Total	188.3756	9			

CV= 11%

Anexo 19. Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la tercera+cuarta semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	158.1725	1			
Tratamientos	0.0498	2	0.0249	<1	NS
Residual	0.8860	6	0.1477		
Total	159.1083	9			

CV= 9.2%

Anexo 20. Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la quinta+sexta semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	379.7302	1			
Tratamientos	1.0064	2	0.5032	<1	NS
Residual	4.4350	6	0.7392		
Total	385.1716	9			

CV= 13.2%

Anexo 21. Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la séptima+octava semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	324.2400	1			
Tratamientos	0.0687	2	0.0344	<1	NS
Residual	2.6239	6	0.4373		
Total	326.9326	9			

CV= 11%

Anexo 22. Análisis de varianza con la conversión alimenticia en la novena+décima semana experimental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	660.4900	1			
Tratamientos	2.1686	2	1.0843	1.41	NS
Residual	4.6178	6	0.7696		
Total	667.2764	9			

CV= 10.2%

Anexo 23. Análisis de varianza con la conversión alimenticia acumulada

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	289.7939	1			
Tratamientos	0.0487	2	0.0244	<1	NS
Residual	0.1491	6	0.0249		
Total	289.9917	9			

CV= 2.8%

Anexo 24. Análisis de varianza con el peso de carcasa

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	11188026.72	1			
Tratamientos	36648.11	2	18324.06	<1	NS
Residual	98904.17	6	6593.61		
Total	11323579.00	9			

CV= 10.3%

Anexo 25. Análisis de varianza con el rendimiento de carcasa (arco seno)

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	63567.83	1			
Tratamientos	2.17	2	1.085	<1	NS
Residual	81.35	6	5.423		
Total	63651.35	9			

CV= 3.9%