

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

**SUPLEMENTACIÓN DE UN COMPLEJO ENZIMÁTICO EN LA
ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE CARNE SIN ANTIBIÓTICO PROMOTOR
DEL CRECIMIENTO**

TESIS

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

INGENIERA ZOOTECNISTA

Por

SUJEI LOZANO PAREDES

**Lambayeque
PERÚ
2019**

**Suplementación de un complejo enzimático en la alimentación de pollos de carne
sin antibiótico promotor del crecimiento**

TESIS

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

INGENIERA ZOOTECNISTA

por

SUJEI LOZANO PAREDES

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

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

Ing. José Victorino Romero Rentería, M. Sc. -----
Secretario

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

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

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico, principalmente, a Dios ya que de Él depende la vida y es dueño de toda creación sabiduría e inteligencia del ser humano y quien, como guía, estuvo presente en el caminar de mi vida.

Con todo mi amor y cariño a mis padres, mis hermanos, en especial a mi hermana Lili Lozano Paredes, y al M. Sc. Jaime Edsel Díaz Carrera por estar conmigo en todo momento y motivarme para seguir adelante y obtener mi título profesional.

AGRADECIMIENTO

Mí profundo agradecimiento a Dios, por haber puesto en mí camino a profesionales que me ayudaron y motivaron para seguir adelante y cumplir este anhelado sueño.

A mis maestros los Ingenieros de mi facultad, de modo especial a mi asesor Ing. Pedro Antonio del Carpio Ramos, Dr. C., por brindarme su apoyo y su habilidad profesional para poder culminar con éxito el trabajo de investigación defendido a través de la presente tesis y poderme titular en Ingeniería Zootecnia.

ÍNDICE

N° Cap.	Título del Capítulo	N° Pág.
	Resumen/ Abstract.....	viii
	INTRODUCCIÓN.....	01
I	ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	03
	1.1. Tipo y Diseño de Estudio.....	03
	1.2. Lugar y Duración.....	04
	1.3. Tratamientos Evaluados.....	04
	1.4. Animales Experimentales.....	04
	1.5. Alimento Experimental.....	05
	1.6. Instalaciones y Equipo.....	06
	1.7. Técnicas Experimentales.....	06
	1.8. Variables Evaluadas.....	07
	1.9. Evaluación de la Información.....	08
II	MARCO TEÓRICO.....	10
	2.1. Antecedentes Bibliográficos.....	10
	2.1.1. Factores anti-nutricionales en trigo y salvado.....	12
	2.1.2. La torta de soja.....	14
	2.1.3. La fitina como factor anti-nutricional.....	15
	2.1.4. Los complejos enzimáticos.....	18
	2.2. Bases Teóricas.....	23
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
	3.1. Consumo de Alimento.....	24
	3.2. Peso Vivo y Cambios en el Peso.....	26
	3.3. Conversión Alimenticia.....	28
	3.4. Mérito Económico.....	32
	CONCLUSIONES	35
	RECOMENDACIONES.....	36
	BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	37
	APÉNDICE.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Título	Pág. N°
1	Fórmulas de las raciones empleadas en las etapas de crianza (Kg.)	05
2	Análisis proximal (%) y energético (Mcal/ kg) de las raciones utilizadas	05
3	Esquema del análisis de la varianza para analizar los incrementos de peso	08
4	Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC	24
5	Peso vivo y cambios en el peso de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC	26
6	Conversión alimenticia de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC	29
7	Mérito económico de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Título	Pág. N°
1	Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento, dentro de fases	25
2	Comparativo porcentual entre tratamientos para cambios en el peso vivo, dentro de fases	27
3	Comparativo porcentual entre tratamientos para conversión alimenticia, dentro de fases	30
4	Comparativo porcentual entre tratamientos para mérito económico, dentro de fases	33

ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Pre-Inicio	41
2	Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Inicio	41
3	Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Crecimiento	41
4	Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Engorde	41
5	Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Acabado	42
6	Análisis de la varianza con el consumo acumulado de alimento	42
7	Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Pre-Inicio	42
8	Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Inicio	42
9	Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Crecimiento	43
10	Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Engorde	43
11	Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Acabado	43
12	Análisis de la varianza con el incremento acumulado de peso	43
13	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Pre-Inicio	44
14	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Inicio	44
15	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Crecimiento	44
16	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Engorde	44
17	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Acabado	45
18	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia acumulada	45
19	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Pre-Inicio	45
20	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Inicio	45
21	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Crecimiento	46
22	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Engorde	46
23	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Acabado	46
24	Análisis de la varianza con el mérito económico acumulado	46
25	Composición (%) de Premix en el tratamiento testigo y diferentes fases	47

Suplementación de un complejo enzimático en la alimentación de pollos de carne sin antibiótico promotor del crecimiento

Resumen

La antibiótico-resistencia es un serio y muy actual problema vinculado a la salud humana, buena parte de él ha sido atribuido al uso indiscriminado de antibióticos promotores del crecimiento (APC) en la alimentación de animales domésticos de interés zootécnico. En el afán de lograr reemplazarlos se han venido evaluando una serie de estrategias, nuevas y anteriores, sin deteriorar el rendimiento de los animales; una de tales es el empleo de cocteles enzimáticos que se suplementan a través del alimento, con la finalidad de mejorar la eficiencia de utilización de los alimentos y permitir que los pollos no mermen considerablemente su rendimiento frente a un ataque bacteriano. Los resultados obtenidos en el presente ensayo, con pollos Cobb 500 de un día hasta los 42 días de edad han permitido determinar que se logró mayor eficiencia técnica y económica en la utilización del alimento en comparación al APC y que bajo condiciones adecuadas de manejo y ambiente no sería necesario el empleo de APC.

Palabras clave: Suplementación; complejo enzimático; pollos de carne; alimentación.

Supplementation of an enzyme complex in the feeding of broiler chicken without growth promotion antibiotic

Abstract

The antibiotic-resistance is a serious and very current problem linked to human health, much of it has been attributed to the indiscriminate use of antibiotic growth promoters (AGP) in the feeding of domestic animals of zootechnical interest. In order to replace them, a series of new and previous strategies have been evaluated, without damaging the performance of the animals; one such is the use of enzymatic cocktails that are supplemented through food, in order to improve the efficiency of use of food and allow chickens not significantly reduce their performance against a bacterial attack. The results obtained in the present trial, with Cobb 500 chickens from one day to 42 days of age, have allowed to determine that greater technical and economic efficiency was achieved in the utilization of the feed compared to the AGP and that under appropriate management and environmental conditions it would not be necessary to use AGP.

Key words: Supplementation; enzyme complex; broiler chickens; feeding.

INTRODUCCIÓN

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

Los especialistas indican que la utilización de los APC se centra en el control de la flora intestinal. Debido a las características de la fase productiva se dan las condiciones para que proliferen bacterias de tipo patógeno en el intestino, las que destruyen epitelio y el organismo destina a la reparación una cantidad importante de nutrientes, afectándose negativamente el rendimiento. Así, cualquier acción que mejore la absorción de nutrientes constituye una alternativa a dejar de emplear APC.

La suplementación de exo-enzimas a través de la dieta es una estrategia que se ha venido estudiando, solas o en combinación con otros factores, para disminuir el efecto negativo de la acción nociva de la flora dañina. Los suplementos modernos tienden a ser complejos (varias acciones) enzimáticos debido a que son diferentes tipos de sustratos que deben ser catalizados.

Formulación del Problema

Dado que los complejos enzimáticos suplementales vienen innovándose en su composición y efectividad, disponiéndose de un complejo de reciente lanzamiento al mercado es pertinente preguntar: ¿cuál será el efecto sobre el comportamiento productivo del pollo de carne la inclusión de un complejo enzimático en la dieta sin antibiótico promotor del crecimiento durante las diferentes etapas de crianza?

Hipótesis

Se asumió como la hipótesis la siguiente: La inclusión de un complejo enzimático comercial en la dieta, sin APC, de pollos de carne permitirá determinar su efecto sobre el comportamiento productivo, expresado a través del consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia y mérito económico.

Justificación del Estudio

La ejecución del presente proyecto de investigación se justificó porque pretendió determinar la posibilidad de no utilizar a los APC sin atentar en contra del rendimiento de los pollos de carne, cooperando con la salud de los consumidores al disminuir el riesgo de desarrollar antibiótico resistencia.

Objetivos:

Se consideró los siguientes objetivos:

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

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).

Así mismo, el Diseño del estudio correspondió al 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 que 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

El presente ensayo se realizó en una crianza familiar-comercial de la ciudad de Chiclayo, distrito y provincia del mismo nombre, departamento de Lambayeque; entre los meses de octubre y noviembre de 2018, con una duración efectiva de 42 días.

La ciudad de Chiclayo está ubicada en la costa norte del Perú, por su proximidad al Ecuador, la presencia de la corriente marina fría de Humboldt y de la cordillera de los Andes posee, prácticamente, dos estaciones en el año; una fría que abarca los meses de junio a noviembre y una cálida desde diciembre a mayo. Durante la época cálida la temperatura media máxima llega a los 30°C y las precipitaciones pluviales son escasas, tendencia alterada cuando se presenta el proceso climatológico conocido como ENSO (El Niño Sud-Occidental), durante el que la temperatura puede llegar a los 40°C y las precipitaciones, aunque relativamente pocas, pueden ser intensas.

1.3. Tratamientos Evaluados

T₁: Testigo con APC

T₂: Testigo sin APC y sin complejo enzimático

T₃: Dieta con 0.005% de complejo enzimático, sin APC

1.4. Animales Experimentales (muestra)

Se emplearon 120 pollitos Cobb 500 de un día de edad, de ambos sexos; los que provinieron de una planta incubadora en la ciudad de Trujillo.

1.5. Alimento Experimental

Las raciones empleadas se presentan en la Tabla 1; se preparó cinco kilos de cada fórmula y se procedió a determinar la composición química antes de que se inicie el ensayo, la que se presenta en la Tabla 2. La diferencia entre tratamientos correspondió a la presencia o ausencia de APC y del complejo enzimático; debido a las proporciones pequeñas que se usan su incorporación no ocasionó desbalances en los contenidos de energía y proteína. En el anexo se presenta la composición de la fracción Premix.

Tabla 1.
Fórmulas de las raciones empleadas en las etapas de crianza (%)

Insumos	I1	I2	C	E	A
Maíz	28.9	43.0	45.0	56.0	67.4
Arroz partido	30.0	20.0	20.0	09.7	---
Soja torta	27.2	25.6	23.4	23.0	19.8
Soja integral	06.0	06.0	05.7	03.2	05.8
Aceite palma	---	---	01.0	02.0	02.0
Carbonato Ca	01.0	00.6	00.6	00.5	00.8
Phosbic	02.2	01.5	01.3	01.2	01.1
Arroz polvillo	---	---	---	00.5	00.6
Hb bovina	01.2	01.0	00.6	01.5	00.4
Plasma bovino	01.2	---	---	---	---
Sal común	00.3	00.2	00.2	00.4	00.1
Premix*	02.0	02.1	02.2	02.0	02.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* Premix: combinación de productos vitamínicos, minerales, antioxidantes, acidificantes, atrapadores de micotoxinas, coccidiostato, pigmentantes, APC, etc.

Tabla 2.
Análisis proximal (%) y energético (Mcal/ kg) de las raciones utilizadas

Componente	I1	I2	C	E	A
Proteína (Nx6.25)	22.96	20.34	20.22	21.41	17.04
Fibra cruda	1.74	1.76	1.41	1.29	1.83
Cenizas	4.88	4.40	4.24	4.12	2.76
Extracto etéreo	2.61	3.66	4.88	5.05	4.84
Humedad	11.28	10.98	11.96	11.08	10.79
Nifex	56.53	58.86	57.29	57.05	62.74
Calcio	0.78	0.80	0.72	0.75	0.35
Fósforo	0.65	0.56	0.50	0.49	0.37
Energía bruta	4.50	4.54	4.63	4.68	4.81

* El análisis proximal se realizó en el laboratorio de análisis fisicoquímico de la firma Montana S. A., ubicado en la ciudad de Lima. La determinación de energía bruta se hizo por calorimetría en el laboratorio de nutrición de la UNTRM ubicado en la ciudad de Chachapoyas.

El complejo enzimático ROVABIO ADVANCE® (Adisseo, Francia) aportó xilanasas, β -glucanasas, enzimas desramificantes, celulasas, pectinasas, proteasas.

1.6. Instalaciones y Equipo

- Corrales, con malla de pescar y con cama de cascarilla de arroz.
- Comederos tipo tolva y bebederos de sifón
- Balanza tipo reloj.
- Balanza electrónica, con una precisión de 1 g.
- Cintas de plástico
- Planillas de registros para pesos corporales, suministro y residuo de alimento.
- Además del equipo y material típicos para la explotación avícola.

1.7. Técnicas Experimentales

Las instalaciones fueron acondicionadas considerando una densidad de 6 pollos por metro cuadrado; primero se hizo limpieza profunda y luego se procedió a la desinfección con amonio cuaternario y glutaraldehído. Se colocó cascarilla de arroz como cama y se puso manta arpillera para hacer vacío sanitario hasta la llegada de los pollitos. Se preparó cuatro corrales, cada uno para 10 pollos (dos para machos y dos para hembras), para cada tratamiento.

Los pollitos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tratamientos. Cada uno fue identificado con una banda plástica numerada y sujeta al tarso y se procedió a tomar el peso inicial y luego se pesaron al finalizar cada una de las siguientes fases: Inicio 1 (7 días), Inicio 2 (14 días), Crecimiento (7 días), Engorde (7 días) y Acabado (7 días).

El alimento se preparó con insumos de disponibilidad local y el proceso de mezclado fue progresivo (el producto se combinó con los insumos menores de la fórmula en un kilo de maíz y progresivamente se incorporó el resto de insumos) para

procurar mezclado homogéneo. Se suministró en cantidades pesadas pero en magnitudes suficientes para lograr consumo *ad libitum*, el consumo se determinó por diferencia entre lo ofrecido y el residuo.

La crianza tuvo en consideración un programa sanitario basado en la bioseguridad (no ingreso de personas ajenas a los ensayos, programa estricto de vacunaciones, desinfección de calzado y ropa antes de ingresar al galpón, etc.)

1.8. Variables Evaluadas

- Consumo de alimento, g.
- Peso y cambios en el peso vivo, g.
- Conversión alimenticia, Kg.
- Mérito económico, s/.

Como se indicó en 1.7., el consumo de alimento se determinó por diferencia entre las cantidades ofrecidas y el residuo del día siguiente; correspondió al consumo de cada una de las repeticiones (corrales) y se expresaron en promedio por pollo.

Los cambios en el peso se determinaron por diferencia entre las pesadas en curso con las del período anterior, se realizaron con cada uno de los pollos, por lo que se tuvo cuidado con la identificación puesta en el tarso para que no se produjera confusiones en caso de desprenderse, conforme avanzó la edad se fueron cambiando las bandas de plástico.

La conversión alimenticia se determinó por la relación entre la cantidad de alimento consumido y el cambio (incremento) del peso vivo; valores menores indicaron mayor eficiencia en la utilización del alimento y viceversa.

El mérito económico se determinó por la relación entre el gasto (dinero) en alimento y el cambio en el peso vivo; como en el caso de la conversión alimenticia, los valores menores indicaron mayor eficiencia económica y viceversa.

1.9. Evaluación de la Información

Tratándose de un experimento en el que se compararon dos tratamientos se planteó las siguientes hipótesis:

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

H₁: AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO

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

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

En el que:

Y_{ij} , es la variable a evaluar;

μ , es el verdadero efecto medio;

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

ξ_{ij} , es el verdadero efecto del error experimental;

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

Debido a la similitud en las desviaciones estándar de cada uno de los tratamientos no se creyó necesario aplicar alguna dócima para determinar si hubo homogeneidad de varianzas; se aplicó el análisis de la varianza del diseño irrestrictamente al azar para evaluar los incrementos de peso.

Tabla 3. Esquema del análisis de la varianza para analizar los incrementos de peso

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Tratamientos	T_{yy}	$t - 1 = 2$	T	T/ E
Error experimental	E_{yy}	$t(n-1) = 117$	E	
TOTAL	$\sum Y^2$	$tn = 119$		

El consumo de alimento y la conversión alimenticia también fueron analizadas con el diseño irrestrictamente al azar, con la diferencia que las unidades experimentales

fueron los corrales dentro de cada tratamiento, tal que la cantidad total de grados de libertad para el error experimental fue de 9.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

Según Jaroni *et al.* (1999), los altos niveles de producción y eficiente conversión alimenticia son característicos de la moderna industria avícola. Las mejoras en la eficiencia de producción deben confiarse en la obtención de la máxima utilización de nutrientes de los alimentos, lo que también posibilitaría el uso de un amplio rango de ingredientes comúnmente considerados inferiores. Así mismo, indican que el maíz ha sido utilizado consistentemente como un ingrediente principal para las raciones avícolas debido a su alto contenido de energía y relativo bajo costo. Sin embargo, conforme los mercados del maíz se estrechan y las ofertas del cereal van a usos no agrícolas, tales como la producción de etanol, parecen ser necesarias fuentes alternativas de granos para las raciones de pollonas y gallinas.

Un enzima es un *biocatalizador*; es decir, un acelerador de las reacciones químicas que se dan al interior del organismo. Si los enzimas no estuviesen presentes las reacciones se darían igual, sin embargo en un tiempo considerablemente más largo. Para que la vida se dé en la intensidad que la conocemos ha sido necesaria la presencia de los biocatalizadores. Desde el punto de vista de la acción digestiva y de absorción de los nutrientes que se ingieren con los alimentos, los enzimas permiten que se aprovechen en alto grado los alimentos ingeridos. La degradación relativamente rápida de los alimentos y la posterior, también rápida, absorción de los nutrientes liberados como consecuencia de la acción enzimática ha permitido que se disponga de especies animales altamente productivas; sin embargo, se está llegando a capacidades productivas tan altas, especialmente en aves, que muchas veces se presenta un desfase entre la oferta alta de nutrientes y la capacidad para degradar los nutrientes. Este desfase se puede plantear de la siguiente manera, *una rápida saturación de los centros activos*

de los enzimas de origen endógeno tal que una parte considerable de sustrato (alimento) no puede ser degradado en la intensidad requerida y se excretan cantidades apreciables de nutrientes. Esta situación implica que no se logra la máxima eficiencia en la utilización del alimento. Aun cuando la cinética enzimática en los animales altamente productivos ha cambiado no ha marchado, aparentemente, a la velocidad de las exigencias nutricionales de las nuevas líneas aviares. Por esta razón, los enzimas que son producidas por el organismo (enzimas de origen endógeno) tienen que ser complementadas en su acción por enzimas provenientes del exterior (enzimas de origen exógeno), para que en las heces aparezca menor cantidad de nutrientes o para hacer más utilizables algunos sustratos que no son atacados por que el organismo no produce suficiente cantidad de los enzimas específicos para ese tipo de sustratos o para disminuir la densidad nutricional de las dietas ya que, teóricamente, los suplementos de enzimas deberían permitir iguales o mejores rendimientos de las aves con menores concentraciones de nutrientes. Resulta evidente que para entender y lograr mejores resultados de la utilización de los enzimas de origen exógeno es necesario conocer con mayor detalle el accionar enzimático. Una explicación detallada se puede encontrar en la publicación clásica de Stryer *et al.* (2013), sobre todo en lo relacionado a la cinética de la acción enzimática.

En una molécula de enzima, la parte donde se realiza la acción catalítica se conoce como Centro Activo y es una porción relativamente pequeña de la molécula; debido a que no se secretan enormes cantidades de enzimas, la eficacia de su acción se sustenta en la velocidad de catálisis. La máxima velocidad catalítica se logra cuando todos los centros activos están saturados, por lo que *si existe una cantidad adicional de enzimas entonces el organismo dispondrá de mayor cantidad de centros activos, se abarcará mayor cantidad de sustrato y se mejorará la eficiencia de utilización de los*

alimentos con fines productivos. Sin embargo, el planteamiento teórico no siempre se cumple. Una serie de factores puede hacer que los resultados esperados no se den (Odetallah *et al.*, 2003).

Debe tenerse en cuenta que al interior del tracto gastrointestinal se secretan, desde diferentes órganos, sustancias que poseen acción enzimática específica para los diferentes componentes de los alimentos. Denominadas en función del sustrato general al que degradan, puede prestarse a confusión si se considera que atacan a todos los componentes de tales sustratos; así, por ejemplo, puede asumirse que las enzimas de acción proteasa degradan a todas las proteínas, o que las carbohidrasas lo hacen sobre todos los carbohidratos o que las de acción lipasa lo hacen sobre todos los lípidos lo que no es, necesariamente, cierto. Se ha determinado que la queratina (proteína indigestible por la mayoría de especies de interés zootécnico) no es degradada por enzimas catalogadas como proteasas comerciales, ya que estas aceleran la degradación de proteínas típicas de los alimentos, en tanto que en la degradación de queratina se necesita de la acción queratinasa. Por esta razón se está recurriendo al uso de complejos enzimáticos, en los que al referirse al término “proteasas” se combinan una serie de acciones sobre diferentes tipos de proteínas (Odetallah *et al.*, 2003, 2005).

2.1.1. Factores anti-nutricionales en trigo y salvado

El trigo constituye un excelente reemplazo para el maíz en los alimentos avícolas, pero es necesario hacer modificaciones dietéticas a causa de su fracción anti-nutritiva de polisacáridos no almidones. El trigo contiene niveles relativamente altos de polisacáridos no almidones como un carbohidrato estructural en las paredes de aleurona y endospermo –fracciones constituyentes importantes del salvado de trigo. La celulosa es una proporción pequeña de la pared celular del grano; la mayoría de la fracción carbohidratada se deriva de los β -glucanos y arabinoxilanos. Los arabinoxilanos

constituyen la porción mayor, principalmente en la forma de arabinosa y xilosa con una pequeña cantidad de β -glucanos combinados y ligados (Annison, 1990; Annison y Choct, 1991; Classen y Bedford, 1991; Ward, 1995).

Después de la ingestión, los arabinoxilanos se hacen solubles, ocasionando un incremento en la viscosidad de la digesta. La naturaleza viscosa de la digesta intestinal parece ser responsable de los efectos negativos exhibidos por las pentosanas del trigo. La viscosidad intestinal incrementada reduce la tasa de pasaje de la digesta; con una reducción en la tasa de pasaje el consumo general de alimento disminuiría y contribuiría a ocasionar una disminución del rendimiento en vivo. Conforme la viscosidad se incrementa, disminuye la tasa de absorción de nutrientes lo que, en cambio, reduciría la tasa de asimilación de nutrientes debido a reducidas reacciones enzima: sustrato en el intestino. La alta viscosidad de la digesta también conduce a un incremento en la incidencia de excretas pegajosas, incrementando la ocurrencia de huevos sucios (Burnett, 1966; Antoniou *et al.*, 1981; Antoniou y Marquardt, 1983; Ikeda y Kusano, 1983; Fengler y Marquardt, 1988; Classen y Bedford, 1991; Salih *et al.*, 1991; Teitge *et al.*, 1991).

Los enzimas exógenos pueden mejorar la eficiencia alimenticia, reducir la polución asociada con las excretas avícolas e incrementar el uso de ingredientes de bajo costo. Una de las enzimas más comúnmente usadas para dietas que se basan en trigo es la xilanasa, la que actúa sobre la fracción de arabinoxilanos del trigo y de esa manera liberan los nutrientes encapsulados dentro de las paredes celulares y los hacen más disponibles para los enzimas endógenos. Sin embargo, como proteínas parecen ser un punto de ligamiento para los arabinoxilanos, los enzimas capaces de romper estas ligaduras pueden mejorar la liberación de pentosanas (Classen y Bedford, 1991). En

nuestro medio, del trigo el insumo empleado es el salvado; el que se emplea en proporciones relativamente bajas debido a que no es muy digestible por las aves.

2.1.2. La torta de soja

La torta de soja es el insumo alimenticio utilizado casi exclusivamente como proveedor de proteína en las dietas avícolas ya que el empleo de harina de pescado se ha disminuido al mínimo debido al temor de la presentación del síndrome de Creutzfeldt Jacobs Atípico; sin embargo, contiene una cantidad de factores anti-nutricionales. Los más conocidos de estos son los inhibidores de la tripsina, los que son desactivados mediante el tratamiento térmico que se imparte para deshidratación o en la fase de procesamiento. Otros factores anti-nutricionales, tales como ureasas, goitrógenos, anti-vitaminas, fitatos, saponinas y estrógenos también están presentes en este insumo.

La torta de soja contiene aproximadamente 22.7% de carbohidratos en la forma de PNA, que incluyen a polisacáridos acídicos (8 a 10%), arabinogalactanos (5%) y celulosa (1 a 2%), así como aproximadamente 1.3% de β -mananos. También se ha reportado que la energía metabolizable (EM) de la torta de soja para las aves es completamente baja cuando se compara con su energía bruta, debido a la baja digestibilidad de su fracción carbohidratada. Se ha propuesto que una razón importante para que tenga bajo contenido de EM la constituyen los oligosacáridos rafinosa y estaquiosa; estos no pueden ser digeridos en el intestino delgado de las aves debido a la ausencia de la enzima endógena α -(1,6)-galactosidasa (Gitzelmann y Auricchio, 1965; Honing y Rackis, 1979; Pierson *et al.*, 1980; Chesson, 1987; Dierick, 1989; Coon *et al.*, 1990).

El empleo de proteasas como aditivos alimenticios ha sido sugerido por muchos investigadores, pero la mayoría de los trabajos de investigación iniciales en los que se

evaluó la inclusión de la acción proteasa en dietas basadas en cereales no propiciaron mejoras en el rendimiento de las aves. Aun cuando el maíz es de bajo contenido de proteína (alrededor de 8%), participa en altas proporciones en las dietas avícolas constituyéndose en un importante proveedor de proteína y, aunque las dietas aviares tradicionales basadas en maíz – soja son consideradas altamente digestibles, pueden contener una variedad de proteínas complejas que no pueden ser fácilmente digeridas; contribuyendo a ello la rápida tasa de pasaje y la deficiencia de los enzimas inherentes necesarios para ese proceso. Se ha determinado que las dietas que contienen muy baja proteína responden con mayor intensidad a la adición de proteasa; algunas respuestas significativas en la respuesta del crecimiento sugiere un efecto de “frugalidad proteica” por la queratinasa y, aunque las dietas basadas en maíz – torta de soja son altamente digestibles para las aves, existe la posibilidad de mejorar la respuesta productiva a través del empleo de proteasas como la queratinasa (Jensen *et al.*, 1957; Uni *et al.*, 1999; Odetallah *et al.*, 2005).

2.1.3. La fitina como factor anti-nutricional

La mayoría del contenido de P en las plantas se encuentra dentro de las estructuras químicas llamadas ácidos fítics o sus sales, a los que se les conoce como fitatos. El P de los fitatos no es disponible para los animales no rumiantes; por esta razón, aun cuando las plantas contienen cantidades sustanciales de P, rutinariamente se adiciona P inorgánico a las mezclas alimenticias. Los niveles de P en las dietas e insumos se reportan como P disponible (P_d), debido a que el P de los fitatos es considerado ampliamente indigestible (Pallauf y Rimbach, 1997; Scott *et al.*, 1999). NRC (1994) reporta que el maíz, por ejemplo, tiene una concentración total de P de 0.28%, en tanto que la de P_d es sólo 0.08%; así mismo, menos de la mitad del P en la torta de soja se

considera disponible. El P disponible es aquel que se retiene en el organismo y es empleado para funciones fisiológicas.

Además de reducir la disponibilidad de P para los animales, los fitatos están asociados con una cantidad de efectos anti-nutricionales, mayormente porque pueden quelar cationes divalentes tales como calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu) y manganeso (Mn) y pueden reducir la disponibilidad de la proteína (Ravindran *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 1998; Bedford y Schulze, 1998).

Debido a los efectos negativos del fósforo sobre diversas condiciones bióticas, la legislación que limita las aplicaciones de P está haciéndose común en los países con industria animal intensiva. Por esta razón, la fitasa (enzima que hidroliza el ácido fítico a inositol y ácido fosfórico, haciendo al P disponible para los animales) es de considerable interés para la industria avícola (Liu *et al.*, 1998).

Varias formas de fitasa (o sustancias con actividad fitasa) son producidas por plantas y microorganismos; también puede haber actividad fitasa en el borde del cepillo del intestino delgado de los animales; algunas plantas, particularmente sorgo, trigo y triticale, contienen cantidades sustanciales de fitasa, en tanto que el maíz contiene muy poco y la soja un poco más, pero sólo marginalmente. Los niveles dependen no sólo del cereal, sino también de la variedad de cereal y el clima en que se cultivó (Eekhout y dePaepe, 1994; Pallauf y Rimbach, 1997; Bedford y Schulze, 1998; Liu *et al.*, 1998; Maenz y Classen, 1998).

Las fitasas microbiales son producidas por bacterias, hongos y levaduras, con gran variedad en la forma y actividad de enzima de las diferentes fuentes; la industria de los alimentos ha estado más interesada en aquellas producidas por hongos, con mayor probabilidad *Aspergillus* spp., y ha utilizado la recombinación genética para producir organismos generadores de altos niveles de la enzima. Las plantas, incluyendo soja, han

sido manejadas mediante ingeniería genética para producir fitasa y, es concebible, producir animales que tengan altos niveles de fitasa endógena (Cromwell *et al.*, 1995; Bedford y Schulze, 1998; Denbow *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 1998).

Leske y Coon (1999) reportaron que la fitasa comercial incrementa la liberación de P fítico de varios insumos alimenticios suministrados a broilers y ponedoras desde entre 23 y 34.9% hasta entre 46.8 y 72.4%.

Debido a que en organismo ningún evento se da en forma aislada, varias acciones enzimáticas interactúan; así se ha reportado que xilanasas y fitasas pueden, de alguna manera, actuar en forma conjunta. La investigación ha mostrado que la acción xilanasas incrementa la digestibilidad de nutrientes y que la acción fitasa incrementa la retención de P; los efectos de ambos son benéficos. Sin embargo, algunas xilanasas pueden incrementar la viscosidad de los contenidos intestinales cuando se adicionan a bajos niveles porque pueden incrementar la liberación de PNA desde las paredes celulares y la fitasa afecta la disponibilidad de muchos nutrientes además de P, incluyendo Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, proteína y energía (Ravindran *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 1998; Namkung y Leeson, 1999; Ravindran *et al.*, 2000; Silversides *et al.*, 2006).

Tanto la xilanasas como la fitasa causan la liberación de Ca y P pudiendo alterar el balance de estos minerales, lo que es importante para las ponedoras, que necesitan de ambos minerales para asegurar la adecuada calidad de la cáscara del huevo y fortaleza de huesos. En tanto que son necesarios adecuados Ca y P dietéticos, un exceso de Ca puede interferir con la disponibilidad de otros minerales y un exceso de P puede afectar negativamente la calidad de la cáscara del huevo (National Research Council, 1994; Roland y Gordon, 1996; Scott *et al.*, 1999).

Por lo expuesto, se puede asumir que la acción benéfica de los suplementos enzimáticos serían evidentes en presencia de factores anti nutricionales.

2.1.4. Los complejos enzimáticos

En la investigación relacionada con la acción enzimática sobre el rendimiento animal, especialmente de no rumiantes, una de las áreas que ha recibido, relativamente, poca atención es la vinculada al uso de las combinaciones de acciones enzimáticas; como carbohidrasas, proteasas y fitasas. La lógica sugiere que si el empleo de una enzima mejora la ganancia de peso corporal y la conversión alimenticia en comparación a cuando los animales reciben dietas sin tal enzima, entonces el uso de dos enzimas puede mejorar la magnitud y consistencia de la respuesta, como ha sido indicado por Cowieson y Adeola (2005). Sin embargo, se han reportado efectos algo distintos y antagónicos, sub-aditivos, aditivos y sinérgicos de las combinaciones enzimáticas. Este tipo comportamiento es poco aceptable por los productores avícolas; por lo que se torna crítico generar más información para desarrollar las herramientas, basadas en un análisis holístico de los datos con animales, que permitan determinar cuándo las combinaciones enzimáticas pueden ofrecer este tipo de efectos sobre los parámetros del rendimiento (Zyla *et al.*, 1996; Naveed *et al.*, 1999; Ravindran *et al.*, 1999; Zyla *et al.*, 2000; Saleh *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2005; Leslie *et al.*, 2005; Mulyantini *et al.*, 2005).

Un aporte interesante al considerar la utilización de complejos enzimáticos es el que considera que el complejo sea obtenido en el mismo proceso productivo; considerando, además, que si el complejo es obtenido a través del empleo de microorganismos (bacterias u hongos) provenga de la misma especie o cepa (Lyons, 2007).

Lázaro *et al.* (2003) condujeron un ensayo para determinar la influencia de la suplementación de enzimas a dietas basadas en centeno sobre la tasa de pasaje del alimento a través del tracto digestivo, viscosidad del contenido del yeyuno,

concentración de ácidos grasos volátiles en el ciego y rendimiento de broilers. Hubieron siete tratamientos, seis dietas arregladas factorialmente con tres variedades de centeno y dos niveles de suplementación enzimática (0 ó 500 ppm de un complejo enzimático que contenía 858 UI de β -glucanasa y 864 UI de xilanasa/ g) y una dieta control adicional basada en maíz. Cada tratamiento fue replicado siete veces y el ensayo duró 25 días. El suministro de centeno incrementó la viscosidad intestinal y deterioró el rendimiento de las aves en los 25 días ($P \leq 0.001$). La adición de enzimas redujo el tiempo necesario para recuperar 1% (0.78 vs. 0.98 horas; $P \leq 0.05$) y 50% (4.2 vs. 6.5 horas; $P \leq 0.01$) del marcador en las heces y redujo el tiempo de retención media del marcador en el tracto gastrointestinal (17.1 vs. 18.8 horas; $P \leq 0.05$). También, la suplementación enzimática redujo la viscosidad intestinal ($P \leq 0.001$) y mejoró la ingestión de alimento, ganancia diaria y conversión alimenticia de las aves desde los 4 a los 25 días ($P \leq 0.01$) pero no modificó la concentración de ácidos grasos volátiles en el ciego. Se concluyó que la suplementación enzimática adicionada a las dietas de centeno disminuyó viscosidad intestinal y aceleró el tránsito digestivo, mejorando el rendimiento productivo de las aves.

Lázaro *et al.* (2004) condujeron un ensayo para estudiar la influencia del régimen de alimentación (*ad libitum* vs. restringido) y la suplementación de la dieta con una combinación de xilanasa y β -glucanasa sobre parámetros fisiológicos y rendimiento de broilers alimentados con dietas basadas en centeno. Desde los 4 a los 46 días, la restricción de alimento no afectó la ganancia de peso y mejoró la conversión alimenticia ($P \leq 0.05$). También, la restricción redujo la incidencia de desórdenes en las patas, viscosidad de la digesta e incrementó el peso relativo de la molleja ($P \leq 0.001$). La suplementación enzimática mejoró la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia a todas las edades ($P \leq 0.01$), y los efectos benéficos fueron mayores para

los pollos en alimentación *ad libitum* que para los que estuvieron con alimentación restringida. También, se redujo la viscosidad de la digesta ($P \leq 0.001$), pesos relativos de molleja ($P \leq 0.05$) y buche ($P \leq 0.01$), y longitud de yeyuno ($P \leq 0.05$). Comparado con el suministro de maíz, el suministro de centeno *ad libitum* con o sin suplementación enzimática deterioró el crecimiento y la conversión alimenticia de 4 a 46 días ($P \leq 0.01$) e incrementó la incidencia de desórdenes en las patas ($P \leq 0.05$), viscosidad del contenido del yeyuno ($P \leq 0.01$) y longitud del yeyuno ($P \leq 0.05$). Los investigadores concluyeron que el centeno en el alimento deteriora el rendimiento de los broiler e incrementa la viscosidad de la digesta y la incidencia de desórdenes en las patas y que la alimentación restringida y la suplementación enzimática redujeron la magnitud del problema. Los efectos benéficos de la suplementación enzimática sobre el rendimiento fue más evidente cuando las aves consumieron alimento *ad libitum*.

Cowieson y Adeola (2005) investigaron los efectos aditivos de xilanasas, amilasas, proteasas y fitasas en dietas de pollos broiler. Las aves recibieron una dieta control negativo (CN) basada en maíz-torta de soja que fue formulada para ser nutricionalmente marginal en términos de energía metabolizable, Ca y P. Una dieta control positivo (CP) nutricionalmente adecuada fue suministrada para comparación. La dieta CN fue suplementada con fitasa; un coctel de xilanasas, amilasa y proteasa (XAP); o una combinación de fitasa y XAP a 100 o 200 mg de cada enzima por Kg. Se calculó el rendimiento del crecimiento, la energía digestible a nivel del íleon (EDI) y los coeficientes de digestibilidad de nitrógeno, calcio, fósforo y materia seca. Individualmente y en combinación, tanto fitasa como XAP mejoraron ($P \leq 0.05$) la conversión alimenticia comparada con la dieta CN, particularmente a la más alta concentración de inclusión. La ganancia de peso corporal siguió una tendencia similar, mostrando una mejora de aproximadamente 6 a 7% con las enzimas en forma individual

y 14% de mejora con una combinación de fitasa y XAP. El efecto de los enzimas sobre la EDI y coeficientes de digestibilidad de los nutrientes no fue tan marcado, pero se notó una reducción de 165 Kcal/ Kg. en EDI entre las dietas control negativo y control positivo, y una combinación de fitasa y XAP mejoró la EDI por más de 100 Kcal/ Kg. Se concluyó que el uso de fitasa y XAP individualmente en una dieta basada en maíz-torta de soja es efectivo en mejorar la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento de los broilers alimentados con dietas nutricionalmente marginales. Además, puede haber un efecto aditivo de la fitasa y XAP sobre el rendimiento de los broiler, generando una estrategia de costo efectivo nutricional para la producción rentable de los productos avícolas.

Juanpere *et al.* (2005) realizaron un ensayo para evaluar los efectos de enzimas microbiales, 3- α -glucosidasa y β -glucosidasa, sobre valores de energía y digestibilidad de nutrientes en dietas ricas en PNA. Las dietas estuvieron basadas en maíz, trigo o cebada. Se prepararon cuatro dietas con cada cereal; una sin enzimas, una segunda tuvo 500 unidades de fitasa, una tercera tuvo glucosidasa, y la cuarta tuvo fitasa y glucosidasa. Las glucosidasas utilizadas fueron α -galactosidasa (dieta maíz), xilanasa (trigo) y β -glucanasa (cebada). La glucosidasa disminuyó la viscosidad intestinal, en tanto que la fitasa la incrementó en dietas maíz. La fitasa incrementó la EMA en dietas maíz, en tanto que la β -glucanasa en dietas cebada mejoró EMA y EMA_n y la digestibilidad de la materia seca, almidón, β -glucanos y lípidos. La xilanasa en las dietas trigo mejoró la digestibilidad de la materia seca y almidón. La fitasa incrementó la retención total de fósforo en todas las dietas y se detectaron interacciones significativas entre enzimas glucosidasa y fitasa en dietas trigo y cebada. La fitasa disminuyó la excreción de fósforo en dietas maíz y cebada, en tanto que α -galactosidasa incrementó la excreción de fósforo en dietas maíz. La fitasa en dietas maíz y β -glucanasa en dietas cebada

incrementaron la retención de calcio, en tanto que la inclusión de xilanasa disminuyó la retención de calcio en dietas trigo. La fitasa y β -glucanasa disminuyeron la excreción de calcio en dietas basadas en maíz y cebada, respectivamente. Se detectó una interacción entre fitasa y β -glucanasa en dietas cebada, en las que la excreción de calcio se redujo. En general, no se encontraron interacciones negativas entre fitasa y glucosidasa, indicando que ambos tipos de enzimas pueden utilizarse juntos en los alimentos basados en maíz, trigo o cebada.

Dos ensayos, uno ensayo de crecimiento y uno de metabolismo, fueron realizados por Wang *et al.* (2005), para investigar los efectos de la suplementación enzimática (primariamente xilanasa y β -glucanasa obtenidas por fermentación en estado sólido) sobre el rendimiento, digestibilidad de nutrientes, morfología intestinal, tamaño de los órganos digestivos y perfil de ácidos grasos volátiles en el intestino posterior de broilers alimentados con dietas basadas en trigo, entre los 7 a 42 días de edad. En el ensayo de crecimiento, la suplementación enzimática mejoró el rendimiento; la ganancia diaria y la conversión alimenticia incrementaron linealmente ($P \leq 0.01$) conforme se incrementaron los niveles de suplementación. La suplementación de enzimas disminuyó, en alguna cantidad, el tamaño de los órganos digestivos y el tracto gastrointestinal. La longitud relativa de cada segmento intestinal disminuyó linealmente ($P \leq 0.05$). El peso relativo del intestino anterior en el día 21 y del íleon en el día 42 también disminuyó linealmente ($P \leq 0.01$). En los días 21 y 42, hubieron relaciones lineales negativas ($P \leq 0.05$) entre los incrementos de la suplementación enzimática y el peso relativo del hígado y páncreas, respectivamente. Además, hubo un incremento lineal ($P \leq 0.01$) en el contenido total de ácidos grasos volátiles en el íleon en el día 21 y el ciego en el día 21 y 42. Durante cada período del ensayo de metabolismo, la

digestibilidad aparente de la proteína cruda se incrementó linealmente ($P \leq 0.05$), en tanto que no se detectaron diferencias en EMA.

2.2. Bases Teóricas

En el presente trabajo de investigación se hizo el siguiente teórico: La suplementación de un complejo enzimático innovado en la dieta de los pollos de carne permitirá que se logre mejor eficiencia en la utilización del alimento y mérito económico que con el empleo de antibiótico promotor del crecimiento.

Este planteamiento se sustentó en las investigaciones de Jaroni *et al.* (1999), Odetallah *et al.* (2003, 2005), Stryer *et al.* (2013).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Consumo de Alimento

Los resultados relacionados con el consumo de alimento se presentan en la Tabla 4, para cada una de las fases (de edad) consideradas.

Tabla 4.

Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC

Aspectos	T1	T2	T3
Pollos por tratamiento	40	40	40
APC en el alimento	Sí	No	No
Complejo enzimático en el alimento	No	No	Sí
Consumo (g/ pollo/ período) en:			
Inicio 1	106.2 ^a	103.9 ^a	106.4 ^a
Inicio 2	970.4 ^a	949.7 ^a	1001.9 ^a
Crecimiento	890.4 ^a	886.8 ^a	889.0 ^a
Engorde	1364.7 ^a	1320.1 ^a	1330.4 ^a
Acabado	1453.4 ^a	1415.0 ^a	1432.8 ^a
Acumulado	4785.1 ^a	4675.5 ^a	4760.5 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos dentro de fases (P>0.05)

El análisis estadístico (anexos) indicó que las diferencias observadas entre los tratamientos, dentro de cada una de las fases evaluadas, no fueron significativas; aun cuando el consumo registrado en el tratamiento 2 (testigo negativo) siempre estuvo por debajo de los otros dos tratamientos.

En la Figura 1 se presenta el comparativo porcentual entre tratamientos para el consumo de alimento en las diferentes fases consideradas, en la que se puede corroborar la afirmación manifestada en el párrafo anterior. Al considerar las cifras de consumo acumulado se puede apreciar que el mayor consumo correspondió al tratamiento 1 (testigo positivo, con APC), seguido del tratamiento 3 (con complejo enzimático, sin APC) y luego el tratamiento 2.

Los resultados reportados en diferentes trabajos de investigación indicaron cambios importantes en diferentes variables que miden el rendimiento y la eficiencia de utilización de los alimentos; sin embargo, con relación al efecto sobre el consumo de

alimento se pudo disponer sólo del reporte de Lázaro *et al.* (2003), en el que se indicó que el empleo de un suplemento multi-enzimático ocasionó incremento en la cantidad consumida de alimento. Si los enzimas suplementales ejercen un efecto relativamente rápido sobre la digestibilidad de factores anti nutricionales (FAN) ocasionarían un vaciamiento más rápido del tracto gastrointestinal y, de esta manera, promocionarían mayor consumo; principalmente empleando insumos alimenticios en los que hay presencia de FAN.

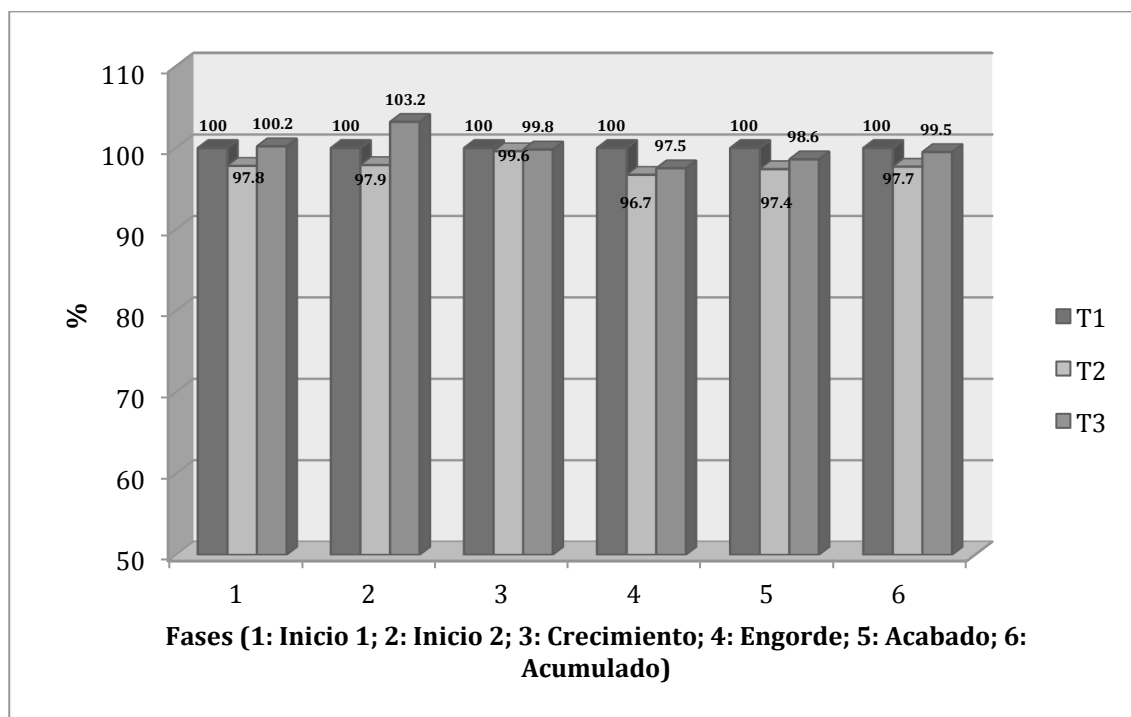


Figura 1. Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento, dentro de fases

En el presente ensayo, el mayor efecto del complejo enzimático sobre el consumo sólo se evidenció en la fase de Inicio 2; en el resto de fases este tratamiento se comportó muy próximo al testigo positivo.

Se espera que el empleo de los complejos enzimáticos suplementales ejerza efecto sobre la eficiencia de utilización del alimento y que se refleje en mayores incrementos de peso y no, necesariamente, sobre el consumo de alimento

3.2. Peso Vivo y Cambios en el Peso

Los resultados referentes al peso y modificaciones en el peso se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5.

Peso vivo y cambios en el peso de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC

Aspectos	T1	T2	T3
Pollos por tratamiento	40	40	40
APC en el alimento	Sí	No	No
Complejo enzimático en el alimento	No	No	Sí
Peso vivo (g/ pollo/ período) en:			
Inicial	45.2	44.8	44.0
Inicio 1	136.1	132.3	134.1
Inicio 2	808.1	780.2	815.6
Crecimiento	1483.4	1409.1	1521.7
Engorde	2192.4	2095.7	2255.6
Acabado	2891.2	2801.5	2918.9
Cambios en el peso vivo (g/ pollo/ período) en:			
Inicio 1	90.9 ^a	87.5 ^a	90.1 ^a
Inicio 2	672.0 ^a	647.9 ^a	681.5 ^a
Crecimiento	675.3 ^{ab}	628.9 ^b	706.1 ^a
Engorde	709.0 ^a	686.6 ^a	733.9 ^a
Acabado	698.8 ^a	705.8 ^a	663.3 ^a
Acumulado	2846.0 ^a	2756.7 ^a	2874.9 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos dentro de fases (P>0.05)

El análisis estadístico (anexos) mostró que las diferencias alcanzadas entre los tratamientos no fueron significativas. No obstante, al realizar el comparativo porcentual entre los tratamientos, dentro de cada fase, el tratamiento 3 mostró superioridad en 1.4, 4.6 y 3.5% sobre el testigo positivo en el Inicio 2, Crecimiento y Engorde, tendencia que hizo posible que en el cambio de peso acumulado este tratamiento fuese ligeramente superior en 1%. En el Acabado el tratamiento testigo positivo fue mejor en 5.1% al tratamiento 3. También se observa que la tendencia fue que el tratamiento testigo negativo sea superado tanto por el testigo positivo como por el tratamiento con el suplemento enzimático, aún cuando fue ligeramente superior al testigo positivo en 1% en el Acabado. En la Figura 2 se presenta el comparativo porcentual entre tratamientos para los cambios en el peso vivo.

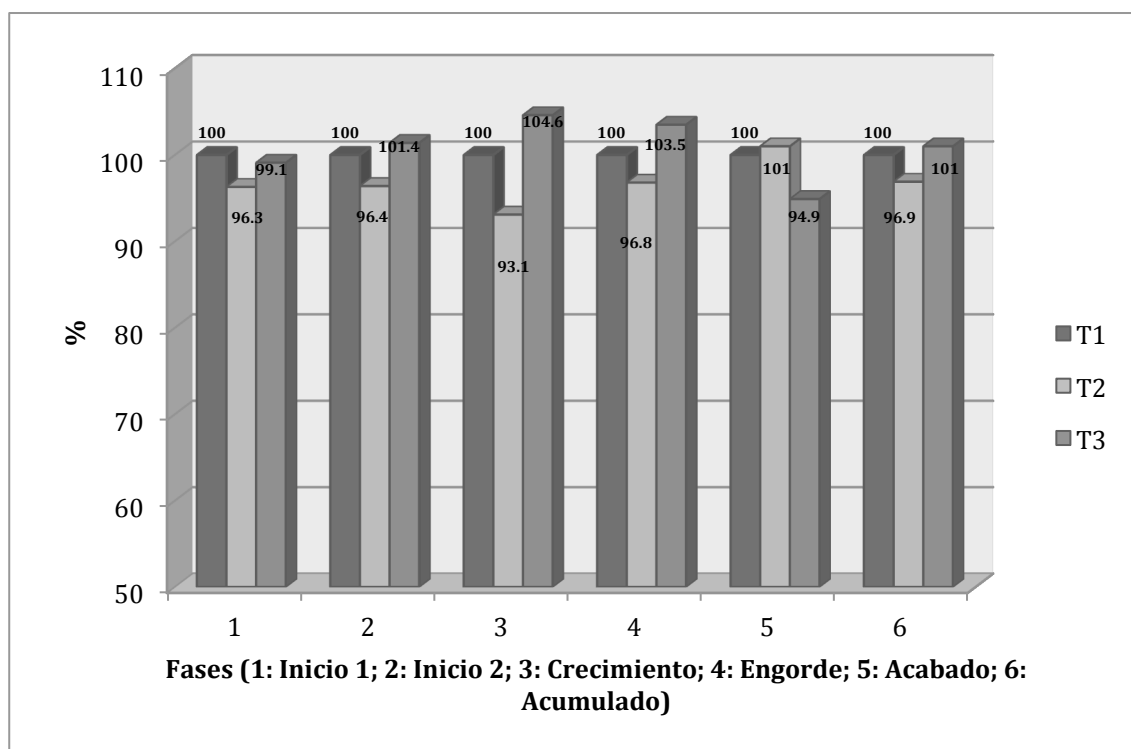


Figura 2. Comparativo porcentual entre tratamientos para cambios en el peso vivo, dentro de fases

Como han indicado diferentes autores (Annison, 1990; Annison y Choct, 1991; Classen y Bedford, 1991; Ward, 1995; Jaroni *et al.*, 1999; Odetallah *et al.*, 2003, 2005) la efectividad de los suplementos enzimáticos se han evaluado sobre la presencia de factores anti nutricionales (FAN) que, al emplearse en proporciones considerables dentro de las raciones, afectarían negativamente la utilización de la ración y, en consecuencia, el rendimiento animal. Diferentes insumos, tradicionales o no, que se emplean en la alimentación de las aves contienen FAN, como es el caso de la soja con su contenido de refinosa y estaquiosa (Gitzelmann y Auricchio, 1965; Honing y Rackis, 1979; Pierson *et al.*, 1980; Chesson, 1987; Dierick, 1989; Coon *et al.*, 1990) o la presencia de inhibidores de la tripsina (Jensen *et al.*, 1957; Uni *et al.*, 1999; Odetallah *et al.*, 2005) que afectan su valor nutricional. En el caso del salvado de trigo, con su contenido de arabinoxilanos que incrementan la viscosidad de la digesta disminuyendo la digestibilidad del alimento (Annison, 1990; Annison y Choct, 1991; Classen y Bedford, 1991; Ward, 1995) o de cereales, como el maíz, por su natural y elevada

proporción de fósforo en forma fitina. Sin embargo, en el presente ensayo se cuidó la composición de la ración para que la presencia de FAN sea la mínima posible y distribuidos uniformemente entre todos los grupos de tratamientos.

En este estudio lo que se buscó fue determinar si se puede obtener rendimiento similar al no emplear APC en la ración, ya que aunque los tratamientos no sufrieron un desafío sanitario forzado, alguna forma de desafío se da en las condiciones normales de crianza debido a la densidad animal y a las condiciones dentro de los galpones (calidad de las camas, humedad relativa, temperatura ambiental, estrés, etc.); inclusive, considerar si es que siempre ha sido necesaria el empleo de APC si las condiciones sanitarias se mantuvieron dentro de márgenes razonables (razón de uso para el testigo negativo).

Como se puede apreciar en la Figura 2, el comportamiento de los incrementos de peso del testigo negativo casi siempre estuvieron por debajo del testigo positivo, lo que indica que de alguna manera los pollos de este tratamiento destinaron nutrientes para otros fines que no sea la síntesis de tejido muscular. Así mismo, se puede notar que, con excepción del Acabado, la suplementación enzimática permitió reemplazar al APC; es posible que en el período de Acabado, en forma típica, el desafío sanitario haya sido mayor y en ese caso el APC respondió con mejores incrementos de peso (alrededor de 5% mejores).

Sin embargo, un mejor análisis e interpretación puede hacerse al considerar la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo; toda vez que los incrementos de peso reflejan lo que sucedió con el consumo de alimento y no, necesariamente, los mayores incrementos de peso reflejan mayor eficiencia.

3.3. Conversión Alimenticia

Los resultados referentes a la conversión alimenticia se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6.**Conversión alimenticia de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC**

Aspectos	T1	T2	T3
Pollos por tratamiento	40	40	40
APC en el alimento	Sí	No	No
Complejo enzimático en el alimento	No	No	Sí
Conversión alimenticia en:			
Inicio 1	1.168 ^a	1.190 ^a	1.181 ^a
Inicio 2	1.481 ^a	1.465 ^a	1.470 ^a
Crecimiento	1.347 ^a	1.419 ^a	1.256 ^a
Engorde	1.983 ^a	1.922 ^a	1.824 ^a
Acabado	2.232 ^a	1.934 ^a	2.197 ^a
Acumulado	1.814 ^a	1.739 ^a	1.704 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos dentro de fases (P>0.05)

El análisis estadístico (anexos) indicó que las diferencias entre los tratamientos, dentro de fases, no alcanzaron significación estadística; sin embargo, se apreció que la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo fue, en varias fases, superior a la del testigo positivo tanto en el tratamiento 2 como en el 3. En la Figura 3 se presenta el comparativo porcentual entre tratamientos de la conversión alimenticia dentro de cada fase.

En la fase de Inicio 1, el tratamiento testigo positivo (APC) fue ligeramente superior a los tratamientos dos y tres (1.9 y 1.1%, respectivamente); en el Inicio 2 el testigo positivo fue superado por ambos tratamientos (1.1 y 0.7%, respectivamente); en el Crecimiento, el tratamiento 2 fue menos eficiente (5.3%) y el tratamiento 3 más eficiente (6.8%); en el Engorde, nuevamente ambos tratamientos superaron al testigo positivo, pero en proporciones más alejadas, el tratamiento 2 en 3.1% y el tratamiento 3 en 8%; en el Acabado la eficiencia del tratamiento testigo positivo fue superada en 13.4 y 1.6% por los tratamientos 2 y 3, respectivamente. Al considerar la conversión alimenticia acumulada se pudo determinar que los tratamientos 2 y 3 fueron más eficientes que el testigo positivo en 4.1 y 6.1%, respectivamente.

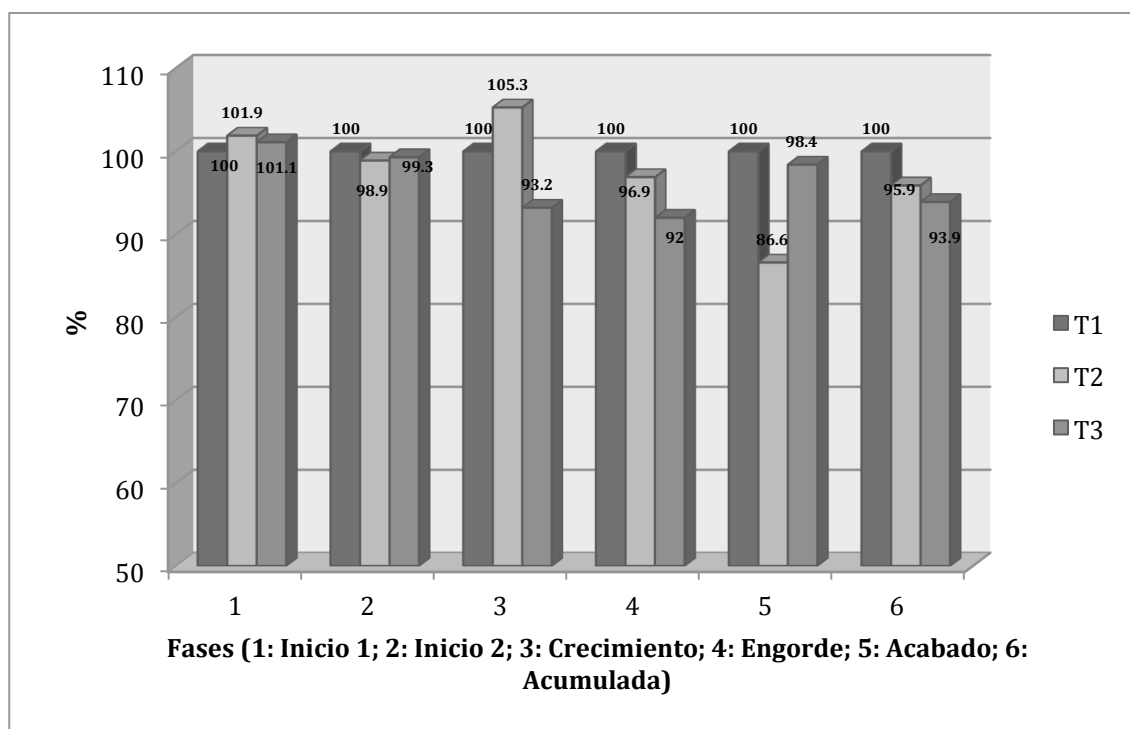


Figura 3. Comparativo porcentual entre tratamientos para conversión alimenticia, dentro de fases

Como se mencionó en el sub-capítulo relacionado con los cambios en el peso vivo, la finalidad del empleo de los complejos enzimáticos suplementales es permitir que los FAN no se transformen en barreras de la digestibilidad y absorción de nutrientes. En el presente ensayo, como se aprecia en el capítulo de material y métodos, la ración estuvo compuesta por insumos de los que no se podría sospechar de presencia de FAN, salvo que la soja (tanto la torta como la harina integral) no haya sido tratada térmicamente en la forma adecuada en el lugar de origen. Este efecto para los enzimas suplementales ha sido reportado por diferentes autores (Annison, 1990; Annison y Choct, 1991; Classen y Bedford, 1991; Ward, 1995; Jaroni *et al.*, 1999; Odetallah *et al.*, 2003, 2005). Pero, adicionalmente, se espera un efecto de complemento a la acción de los enzimas endógenos, la misma que ha sido descrita por Stryer *et al.*, 2013); asumiéndose que los pollos de carne reciben dietas de muy alta calidad y *ad libitum*, lo que podría superar la capacidad enzimática orgánica permitiendo que los nutrientes escapen a la digestión y se evacúen con las heces y reflejándose en un rendimiento

menor al esperado. Como se puede apreciar en la Figura 3, el tratamiento 3 (con el complejo enzimático) superó al testigo positivo, prácticamente, a lo largo de todo el ensayo, con una superioridad en la conversión acumulada de 6.1%. Si bien las diferencias en conversión alimenticia no alcanzaron significación estadística, 6.1% de superioridad puede representar una considerable significación económica, teniendo en cuenta las características de la producción del pollo de carne.

Así mismo, se observó que el testigo negativo también se comportó mejor que el testigo negativo, indicando que con condiciones ambientales y sanitarias adecuadas el empleo de APC parecería estar demás. Por lo general, cuando se presenta algún problema vinculado a la salud de los pollos se aplican los tratamientos pertinentes y no habría necesidad que los pollos estén recibiendo antibiótico en el alimento durante los 42 días que dura la crianza.

Como han indicado diferentes trabajos de investigación, el problema sustancial con el empleo indiscriminado de APC radica en la resistencia que desarrollarían las bacterias del tracto gastrointestinal (TGI), habitantes naturales del aparato digestivo, inocuas y de tipo patogénico, y que de alguna manera transmiten a las que pueblan el TGI humano. Así, los problemas de salud de las personas se agravan ya que todas las especies bacterianas se transforman en potenciales “dañinas” para los humanos. Se ha indicado que, por ejemplo, las intervenciones quirúrgicas simples (apendicetomía, por ej.) podrían agravarse si las comensales del TGI, pero resistentes, invaden las heridas. De tal manera que cualquier estrategia que permita el no empleo de APC sería bienvenida en la producción toda vez que más países están prohibiendo su empleo; si la acción bacteriana nociva disminuye la absorción y utilización de nutrientes, el empleo de suplementos multi-enzimáticos contrarrestaría esa acción negativa.

Debido a que el desafío sanitario ocurrido durante el ensayo puede considerarse normal, la suplementación buscó lograr mayor eficiencia en la utilización del alimento suministrado, asumiendo lo descrito por Stryer *et al.* (2013), resultó evidente la mayor eficiencia del suplemento, al actuar sobre carbohidratos, proteína y fibra.

3.4. Mérito Económico

Los resultados relacionados con el mérito económico se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7.
Mérito económico de pollos de carne que recibieron un complejo enzimático en el alimento sin APC

Aspectos	T1	T2	T3
Pollos por tratamiento	40	40	40
APC en el alimento	Sí	No	No
Complejo enzimático en el alimento	No	No	Sí
Mérito económico en:			
Inicio 1	2.236 ^a	2.286 ^a	2.280 ^a
Inicio 2	2.620 ^a	2.799 ^a	2.822 ^a
Crecimiento	2.546 ^a	2.654 ^a	2.361 ^a
Engorde	3.653 ^a	3.594 ^a	3.429 ^a
Acabado	4.173 ^a	3.578 ^a	4.086 ^a
Acumulado	3.436 ^a	3.258 ^a	3.211 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos dentro de fases (P>0.05)

El análisis estadístico (anexos) permitió determinar que las diferencias entre tratamientos, dentro de fases, no alcanzaron significación estadística; sin embargo, como en caso de la conversión alimenticia, hubo una tendencia en el comportamiento del mérito económico, la que se reflejó en el comparativo porcentual (Figura 4).

En las fases de Inicio 1, Inicio 2 y Crecimiento el tratamiento testigo positivo superó al testigo negativo en 2.2, 6.8 y 4.2%, respectivamente; la tendencia fue contraria en el Engorde y Acabado, con margen de 14.3% en la última fase dando lugar a que el valor acumulado fuese 5.2% más eficiente en el testigo negativo que en el testigo positivo. En el caso del tratamiento 3 (son suplemento de exo-enzimas), el testigo positivo fue más eficiente en las fases de Inicio 1 e Inicio 2 (2 y 7.7%), pero

ocurrió todo lo contrario en el resto de fases y en el valor acumulado, en este el tratamiento 3 fue más eficiente en 6.5%.

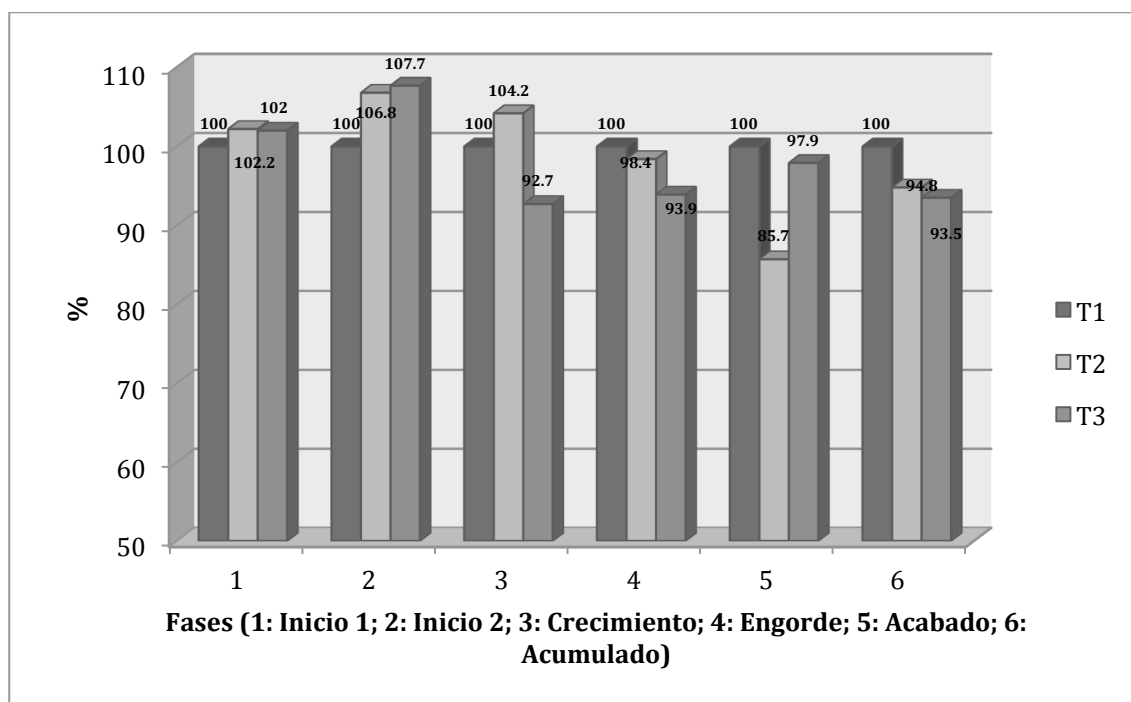


Figura 4. Comparativo porcentual entre tratamientos para mérito económico, dentro de fases

Bajo condiciones de mejor eficiencia en utilización del alimento para incrementar peso vivo resultó que el empleo del coctel enzimático también permitió mejor economía; sin embargo, como se comentó en el sub-capítulo anterior, también el tratamiento testigo positivo resultó más eficiente que el que recibió APC, lo que fue asumido a las condiciones que no ejercieron mayor desafío sanitario y al hecho de no gastar en APC y en complejo enzimático, que a pesar de emplearse en proporciones pequeñas tienen precios muy superiores al resto de insumos.

Por los resultados obtenidos, en todas las variables evaluadas, en el presente trabajo de investigación existe motivación para sugerir que el empleo de APC no es trascendente cuando el manejo y las condiciones ambientales son adecuadas (es decir, cuando el desafío sanitario se encuentra dentro de condiciones “normales”); así mismo, el empleo de APC es inadecuado, toda vez que se pueden presentar complicaciones de

salud intestinal a pesar de la presencia de estos antibióticos, obligando al productor a recurrir a ataques masivos con otros antibióticos, agravando la situación de la resistencia.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se concluyó lo siguiente:

1. Se acepta el planteamiento teórico que sostiene que puede dejar de usarse APC en presencia de un suplemento multi-enzimático innovado
2. No hubo efecto significativo ($P>0.05$) de la presencia de un complejo enzimático sobre el consumo de alimento, aún cuando la tendencia fue a estar por debajo del testigo positivo (APC).
3. Los incrementos de peso, en todas las fases evaluadas, fueron estadísticamente iguales; en el Inicio 2, Crecimiento y Engorde, el tratamiento que recibió el coctel enzimático se comportó por encima del testigo positivo hasta en 4.6%.
4. La Conversión alimenticia acumulada lograda con el tratamiento que incluyó enzimas suplementales fue 6.1% más eficiente que la del testigo positivo; aún cuando las diferencias no fueron estadísticamente significativas, en casi todas las fases (excepto el Inicio 1) el coctel enzimático propició mayor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso vivo.
5. El empleo de los enzimas suplementales permitió un valor de mérito económico 6.5% más eficiente que con el APC, haciendo sostenible su empleo en la alimentación de pollos de carne, sin emplear APC.

RECOMENDACIONES

1. Emplear el coctel enzimático por que permite lograr mayor eficiencia técnica y económica en la producción del pollo de carne.
2. Implementar ensayos con proporciones diferentes para poder determinar su potencial de empleo.
3. Determinar el efecto sobre los procesos anátomo-fisiológicos vinculados con la digestión, absorción y uso de los alimentos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Annison, G. (1990). Polysaccharide composition of Australian wheats and the digestibility of their starches in broiler chicken diets. *Aus. J. Expt. Agri.* 30:183–186.
- Annison, G., and Choct, M. (1991). Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poult. Sci. J.* 47: 232–242.
- Antoniou, T. C., Marquardt, R. R., and Cansfield, P. E. (1981). Isolation, partial characterization and anti nutritional activity of a factor (pentosans) in rye grain. *J. Agric. Food Chem.* 29:1240–1247.
- Antoniou, T. C., and Marquardt, R. R. (1983). The utilization of rye by growing chicks as influenced by autoclave treatment, water extraction and water soaking. *Poultry Sci.* 62:91–102.
- Bedford, M. R. and Schulze, H. (1998). Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutr. Res. Rev.* 11:91–114.
- Burnett, G. S. (1966). Studies of viscosity as the probable factor involved in the improvement of certain barleys for chickens by enzyme supplementation. *Br. Poult. Sci.* 7: 55–75.
- Chesson, A. 1987. Supplementary enzymes to improve the utilization of pig and poultry diets. Pages 71–89 in Recent Advances in Animal Nutrition. W.Haresign and D. J. A. Cole, ed. Butterworths, London.
- Classen, H. L. and Bedford, M. R. (1991). The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. *In: Recent Advances in Animal Nutrition.* Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, U.K. Pages 95–116.
- Coon, C. N., Leske, K. L., Akavanichan, O., and Cheng, T. K. (1990). Effect of oligosaccharide-free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. *Poult. Sci.* 69:787–793.
- Cowieson, A. J. and Adeola, O. (2005). Carbohydrases, Protease, and Phytase Have an Additive Beneficial Effect in Nutritionally Marginal Diets for Broiler Chicks. *Poultry Science* 84:1860–1867.
- Cromwell, G. L., Coffey, R. D., Parker, G. R., Monegue, J. J., and Randolph, J. H. (1995). Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean diets for pigs. *J. Anim. Sci.* 73:2000–2008.
- Denbow, D. M., Grabau, E. A., Lacy, G. H., Kornegay, E. T., Russell, D. R., and Umbreck, P. F. (1998). Soybeans transformed with a fungal phytase gene improve phosphorus availability for broilers. *Poultry Sci.* 77:878–881.
- Dierick, N. A. (1989). Biotechnology aids to improve feed and feed digestion: Enzyme and fermentation. *Arch. Anim. Nutr.* (Berlin) 3:241–246.
- Eeckhout, W., and De Paepe, M. (1994). Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 47:19–29.
- Fengler, A. and Marquardt, R. R. (1988). Water-soluble pentosans from rye: II. Effects on rate of dialysis and on the retention of nutrients by the chick. *Cereal Chem.* 65:298–302.
- Gitzelmann, R., and Auricchio, S. (1965). The handling of soy alpha-galactosidase by a normal and galactosemic child. *Pediatrics* 36:231–232.
- Honing, D. H., and Rackis, J. J. (1979). Determination of total pepsinpancreatic indigestible content (dietary fiber) of soybean products, wheat bran, and corn bran. *J. Agric. Food Chem.* 27:1262–1266.

- Ikeda, K., and Kusano, T. (1983). *In vitro* inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides dietary fiber, physiological effects. *Cereal Chem.* 60:260–263.
- Jaroni, D., Scheideler, S. E., Beck, M., and Wyatt, C. (1999). The effect of dietary wheat middlings and enzyme supplementation. 1. Late egg production efficiency, egg yields, and egg composition in two strains of leghorn hens. *Poultry Sci.*, 78: 841- 847.
- Jensen, L. S., Fry, R. E., Allred, J. B., and McGinnis, J. (1957). Improvement in the nutritional value of barley for chicks by enzyme supplementation. *Poult. Sci.* 36:919–921.
- Juanpere, J., Pérez-Vendrell, A. M., Angulo, E., and Brufau, J. (2005). Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 84:571–580.
- Kim, J. C., Simmins, P. H., Mullan, B. P., and Pluske, J. R. (2005). The effect of wheat phosphorus content and supplemental enzymes on digestibility and growth performance of weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118:139–152.
- Lázaro, R., García, M., Aranibar, M. J., and Mateos, G. G. (2003). Effect of enzyme addition to wheat, barley and rye based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 44:256–265.
- Lázaro, R., Latorre, M. A., Medel, P., García, M., and Mateos, G. G. (2004). Feeding Regimen and Enzyme Supplementation to Rye-Based Diets for Broilers. *Poult. Sci.*, 83: 152-160.
- Leske, K. L., and Coon, C. N. (1999). Nutrient content and protein and energy digestibilities of ethanol-extracted, low α -galactoside soybean meal as compared to intact soybean meal. *Poult. Sci.* 78:1177–1183.
- Leslie, M. A., Moran, E. T., and Bedford, M. R. (2005). The effects of phytase and glycanase supplementation to corn soy diets on AME. *Poult. Sci.* 84(Suppl. 1): 106. (Abstr.)
- Liu, B. L., Rafiq, A., Tzeng, Y. M., and Rob, A. (1998). The induction and characterization of phytase and beyond. *Enzyme Microbial Technol.* 22:415–424.
- Lyons, T. P. (2007). La industria del etanol – Devoradora de cereales y azúcar: La competencia por los alimentos, el pienso y el combustible. En: ¿ALIMENTO O COMBUSTIBLE? 17^a Ronda Latinoamericana de Alltech. EE. UU. de N. A.
- Maenz, D. D., and Classen, H. L. (1998). Phytase activity in the small intestinal brush border membrane of the chicken. *Poultry Sci.* 77:557–563.
- Mulyantini, N. G. A., Choct, M., Li, X., and Lole, U. R. (2005). The effect of xylanase, phytase and lipase supplementation on the performance of broiler chickens fed a diet with a high level of rice bran. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 17:305–307.
- Namkung, H. and Leeson, S. (1999). Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. *Poult. Sci.* 78:1317–1319.
- National Research Council. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Naveed, A., Acamovic, T., and Bedford, M. R. (1999). The influence of carbohydrase and protease supplementation on amino acid digestibility of lupin-based diets for broiler chicks. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 11:93–96.
- Odetallah, N. H., Wang, J. J., Garlich, J. D., and Shih, J. C. H. (2003). Keratinase in starter diets improves growth of broiler chicks. *Poult. Sci.* 82:664–670.

- Odetallah, N. H., Wang, J. J., Garlich, J. D., and Shih, J. C. H. (2005). Versazyme supplementation of Broiler diets improves market growth performance. *Poultry Science* 84:858–864.
- Ostle, B. (1979). Estadística Aplicada. Limusa. México. 629 pp.
- Pallauf, J., and Rimbach, G. (1997). Nutritional significance of phytic acid and phytase. *Arch. Ann. Nutr.* 50:301–319.
- Pierson, E. E. M., Potter, L. M., and Brown, R. D., Jr. (1980). Aminoacid digestibility of dehulled soybean meal by adult turkeys. *Poultry Sci.* 59:845–848.
- Ravindran, V., Bryden, W. L., and Kornegay, E. T. (1995). Phytates: Occurrence bioavailability and implications in poultry nutrition. *Poult. Avian Biol. Rev.* 6:125–143.
- Ravindran, V., Selle, P. H., and Bryden, W. L. (1999). Effects of phytase supplementation, individually and in combination, with glycanase, on the nutritive value of wheat and barley. *Poult. Sci.* 78:1588–1595.
- Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, G., Selle, P. H., and Bryden, W. L. (2000). Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. *Br. Poult. Sci.* 41:193–200.
- Roland, D. A., and Gordon, R. W. (1996). Metabolism and role of phosphorus, calcium and vitamin D3 in layer nutrition. In: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management, A BASF Reference Manual. M. B. Coelho and E. T. Kornegay, ed. BASF, Mt. Olive, NJ. USA. Pages 125–136.
- Saleh, F., Ohtsuka, A., Tanaka, T., and Hayashi, K. (2004). Carbohydrases are digested by proteases present in enzyme preparations during *in vitro* digestion. *J. Poult. Sci.* 41:220–235.
- Salih, M. E., Classen, H. L., and Campbell, G. L. (1991). Response of chickens fed on hull-less barley to dietary b-glucanase at different ages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 33:139–149.
- Scheffler, E. (1982). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A. 280 pp.
- Scott, T. A., Kampen, R., and Silversides, F. G. (1999). The effect of phosphorus, phytase enzyme, and calcium on the performance of layers fed corn-based diets. *Poult. Sci.* 78:1742–1749.
- Silversides, F. G., Scott, T. A., Korver, D. R., Afsharmanesh, M., and Hruby, M. (2006). A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens. *Poult. Sci.*, 85: 297-305.
- Stryer, L., J. M. Berg, and J. L. Tymoczko. (2013). Bioquímica, con aplicaciones clínicas. 7^{ma}. Reverte S. A. España.
- Teitge, D. A., Campbell, G. L., Classen, H. L., and Thacker, P. A. (1991). Heat pre-treatment as a means of improving the response to dietary pentosanase in chicks fed rye. *Can. J. Anim. Sci.* 71:507–513.
- Uni, Z., Noy, Y., and Sklan, D. 1999. Post-hatch development of small intestinal function in the poult. *Poult. Sci.* 78:215–222.
- Wang, Z. R., Qiao, S. Y., Lu, W. Q., and Li, D. F. (2005). Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed Wheat-based diets. *Poultry Science* 84:875–881.

- Ward, N. E. (1995). With dietary modifications, wheat can be used for poultry. *Feedstuffs*, August: 14, 16.
- Wu, Y. B., Ravindran, V., Thomas, D. G., Birtles, M. J., and Hendriks, W. H. (2004). Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolizable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broiler fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. *Br. Poult. Sci.* 45:76–84.
- Zyla, K., Ledoux, D. R., Kujawski, M., and Veum, T. L. (1996). The efficacy of an enzymic cocktail and a fungal mycelium in dephosphorylating corn-soybean meal-based feeds fed to growing turkeys. *Poult. Sci.* 75:381–387.
- Zyla, K., Wikiera, A., Koreleski, J., Swiatkiewicz, S., Piironen, J., and Ledoux, D. R. (2000). Comparison of the efficacies of a novel *Aspergillus niger* mycelium with separate and combined effectiveness of phytase, acid phosphatase, and pectinase in dephosphorylation of wheat-based feeds fed to growing broilers. *Poult. Sci.* 79:1434–1443.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Inicio 1

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	13.3499	1	-----		
Tratamientos	00.00152	2	0.00076	<1	NS
Residual	00.0299	9	0.00332		
Total	13.3813	12			

CV= 5.3%

Anexo 2. Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Inicio 2

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	1138.4307	1	-----		
Tratamientos	00.5533	2	0.2767	<1	NS
Residual	02.8409	9	0.3157		
Total	1141.8249	12			

CV= 5.8%

Anexo 3. Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Crecimiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	767.696	1	-----		
Tratamientos	00.0023	2	0.00115	<1	NS
Residual	03.3731	9	0.3748		
Total	771.0714	12			

CV= 7.7%

Anexo 4. Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Engorde

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	1708.4715	1	-----		
Tratamientos	00.0175	2	0.00875	<1	NS
Residual	10.0675	9	1.1186		
Total	1718.5565	12			

CV= 5.3%

Anexo 5. Análisis de la varianza con el consumo de alimento en el Acabado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	1960.6566	1	-----		
Tratamientos	00.0768	2	0.0384	<1	NS
Residual	05.5451	9	0.6161		
Total	1966.2785	12			

CV= 6.1%

Anexo 6. Análisis de la varianza con el consumo acumulado de alimento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	22714.9177	1	-----		
Tratamientos	01.3708	2	0.00076	<1	NS
Residual	79.3875	9	0.00332		
Total	22795.676	12			

CV= 6.83%

Anexo 7. Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Inicio 1

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	961409.01	1	-----		
Tratamientos	252.22	2	126.11	<1	NS
Residual	18445.77	117	157.66		
Total	980107.00	120			

CV= 14%

Anexo 8. Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Inicio 2

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	52953797.68	1	-----		
Tratamientos	23918.82	2	11959.41	<1	NS
Residual	519379.50	116	4477.41		
Total	53497096.00	119			

CV= 10%

Anexo 9. Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Crecimiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	48499961.8	1	-----		
Tratamientos	108708.4	2	54354.2	4.26	*
Residual	1353325.8	106	12767.2		
Total	49961996.0	108			

CV= 16.9%

Anexo 10. Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Engorde

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	53413302.12	1	-----		
Tratamientos	40412.24	2	20206.1	<1	NS
Residual	1059588.64	103	10287.3		
Total	54513303.00	106			

CV= 14.3%

Anexo 11. Análisis de la varianza con el incremento de peso en el Acabado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	50332828.76	1	-----		
Tratamientos	37245.10	2	18622.5	1.14	NS
Residual	1685733.09	103	16366.3		
Total	52055807.85	106			

CV= 14%

Anexo 12. Análisis de la varianza con el incremento acumulado de peso

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	846488736.9	1	-----		
Tratamientos	234504.7	2	117252.35	1.99	NS
Residual	6079284.4	103	59022.18		
Total	852802526.0	106			

CV= 8.6%

Anexo 13. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Inicio 1

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	16.7064	1	-----		
Tratamientos	00.00102	2	0.00051	<1	NS
Residual	00.30728	9	0.0341		
Total	16.7147	12			

CV= 15.7%

Anexo 14. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Inicio 2

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	26.0044	1	-----		
Tratamientos	00.0004743	2	0.00023715	<1	NS
Residual	00.002526	9	0.0002800		
Total	26.007	12			

CV= 1.14%

Anexo 15. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Crecimiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	21.5740	1	-----		
Tratamientos	00.0536	2	0.0268	<1	NS
Residual	00.3111	9	0.0346		
Total	21.9387	12			

CV= 12.2%

Anexo 16. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Engorde

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	42.9976	1	-----		
Tratamientos	00.0267	2	0.0134	<1	NS
Residual	00.2833	9	0.0315		
Total	43.3076	12			

CV= 9.4%

Anexo 17. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Acabado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	53.9795	1	-----		
Tratamientos	00.2121	2	0.1061	<1	NS
Residual	01.0280	9	0.1142		
Total	55.2196	12			

CV= 15.9%

Anexo 18. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia acumulada

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	36.8481	1	-----		
Tratamientos	00.0252	2	0.0126	1.2	NS
Residual	00.0969	9	0.0108		
Total	36.9702	12			

CV= 5.93%

Anexo 19. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Inicio 1

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	61.6851	1	-----		
Tratamientos	00.00589	2	0.00295	<1	NS
Residual	00.03806	9	0.00423		
Total	61.7291	12			

CV= 2.86%

Anexo 20. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Inicio 2

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	90.5411	1	-----		
Tratamientos	00.0984	2	0.0492	<1	NS
Residual	00.6404	9	0.0712		
Total	91.2799	12			

CV= 9.71%

Anexo 21. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Crecimiento

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	76.2250	1	-----		
Tratamientos	00.1756	2	0.0878	<1	NS
Residual	01.1041	9	0.1227		
Total	77.5047	12			

CV= 13.9%

Anexo 22. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Engorde

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	151.9480	1	-----		
Tratamientos	00.1079	2	0.0540	<1	NS
Residual	00.9926	9	0.1103		
Total	153.0485	12			

CV= 9.3%

Anexo 23. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Acabado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	186.8194	1	-----		
Tratamientos	00.8264	2	0.4132	1.04	NS
Residual	03.5759	9	0.3973		
Total	191.247	12			

CV= 16%

Anexo 24. Análisis de la varianza con el mérito económico acumulado

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signif.
Media	130.8120	1	-----		
Tratamientos	00.1132	2	0.0566	1.6	NS
Residual	00.3508	9	0.03598		
Total	131.276	12			

CV= 5.75%

Anexo 25. Composición (%) de Premix en el tratamiento testigo y diferentes fases

Insumo	Inic. I	Inicc. II	Crecim.	Engorde	Acab.
Bicarbonato Na	0.36	0.37	0.346	0.32	0.336
L-Lisina	0.28	0.232	0.234	0.242	0.256
DL-Metionina	0.39	0.362	0.318	0.256	0.27
L-Treonina	0.14	0.142	0.130	0.124	0.128
Sulfato de cobre	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03
Cloruro de colina	0.03	0.03	0.03	0.03	0.026
Sulfato de neomicina	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Ácido orgánico	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Butirato de sodio	0.05	0.05	0.05	0.05	0.026
Coccidiostato	0.05	0.048	0.03	0.03	0.03
Fitasa	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Antioxidante	0.02	0.016	0.02	0.02	0.02
Adsorbente micotox.	0.15	0.15	0.20	0.20	0.20
Secuestrante mic.	0.10	0.10	0.05	0.05	----
Pre-mezcla comerc.	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Pigmento rojo	----	0.002	----	----	0.01
Pigmento amarillo	----	0.20	0.20	0.20	0.20
Betaina HCl	----	----	0.10	0.10	0.06