



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL
I PROMOCIÓN**

TESIS DE GRADO

**”EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE DOS TIPOS DE FITASAS EN
POLLOS, SOBRE DESEMPEÑO Y METABOLISMO EN ZONAS DE ALTURA”**

AUTORES

**Ortiz Manzano Mario Leonardo
Torres Torres Marco Alberto**

Sangolquí, Febrero del 2013

AUTORIZACIÓN

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de magister de la Escuela Politécnica del Ejército, autorizo a la biblioteca de la ESPE para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las normas de la institución.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones internas de la ESPE, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la ESPE la publicación de esta tesis, o de parte de ella, por una sola vez dentro de los treinta meses después de su aprobación.

Mario Ortiz M.

Marco Torres T.

Sangolquí, febrero del 2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que la elaboración de la presente tesis fue realizada en su totalidad por los señores Ings. Ortiz Manzano Mario e Ing. Torres Torres, Marco, como requisito previo a la obtención del título de MAGISTER en PRODUCCIÓN ANIMAL.

DIRECTOR

Ing. Benito Mendoza

AGRADECIMIENTO

Al **Ing. M.Sc. Benito Mendoza**, por el privilegio de contar con su apoyo y asesoría constante, necesarios para lograr la conclusión de esta etapa, por su guía y consejos, pilares importantes en mi formación académica y sobre todo por motivarnos y enseñarnos el maravilloso campo de la investigación.

Al **Ing. Rómulo Falconí**, por su distinguida amistad, apoyo y conocimientos dados durante todo momento, que han sido muy valiosos y motivantes para lograr la superación en el campo académico.

A la **Dra. M.Sc. María Augusta Chávez, Dr. Ph.D. Fredy Proaño**, por su apoyo otorgado durante todo el tiempo que duró la revisión y por formar parte del tribunal de defensa de tesis.

Al **Ing. MC. Ramiro León** por su invaluable apoyo y consejos en todo momento recibidos.

Al **Tcrn. E.M. Ing. Luis A. Lomas N.** y en su nombre a la Escuela Politécnica del Ejército ESPE, por su apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación.

Mario Ortiz M.

Marco Torres T.

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi esposa Grace, mis hijos Grace María y Francisco por quererme mucho, creer en mí y porque siempre me comprendieron, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Mi madre, a mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto; ustedes saben quiénes son.

Mario Ortiz M.

DEDICATORIA

Esta Tesis va dedicada a nuestros padres, esposas e hijos la razón de ser de nuestro esfuerzo y vida.

A nuestros profesores, Decanos, Directores, y compañeros profesionales quienes nos brindaron su apoyo incondicional y sus conocimientos.

A todo el personal directivo, administrativo y docente de esta gran institución de Educación Superior llamada “ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO”

Finalmente dedico este trabajo a todos los profesionales de la rama, quienes con sus conocimientos e investigación aportan al desarrollo sostenible y sustentable del país.

Marco Torres

RESUMEN

En la Escuela Politécnica del Ejército, se evaluó dos tipos de fitasas (sólida y líquida) y dos dosis de cada una, en 960 pollitos de un día de edad. El mejor desempeño en 42 días fue con fitasa sólida. Según los tipos de fitasas y niveles empleados, el mejor desempeño productivo y metabólico presentaron las aves que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm de alimento. En cambio la presencia de fosfatasa alcalina, contenido de fósforo en heces, calcio y fósforo en huesos presentaron mejores resultados que los que recibieron fitasa líquida. La mayor rentabilidad (29%) se alcanzó con fitasa sólida en 200 g/tm, recomendando emplear fitasa en 200 g/tm, por cuanto se logró mejorar el desempeño de las aves.

Palabras claves: Fitasa, desempeño, aves, fósforo, resultados.

SUMMARY

In the Escuela Politecnica del Ejercito ESPE, it was evaluated two kind of fitasas (solid and liquid) and two dose of each in 960 chickens of a day of age. The best development was with solid fitasa in 42 days. According to the types of fitasas and used levels, the best productive and metabolic development presented the birds that received solid fitasa in 200 g / tm of food. On the other hand, the presence of alkaline phosphatase, phosphorus in feces, calcium and phosphorus in bones, better results were presented by those that received liquid fitasa. The biggest profitability (29%) was reached with solid fitasa in 200 g / tm, recommending use fitasa in 200 g / tm, since it was possible to improve the best development of the birds.

Keywords: Fitasa, acting, birds, phosphorus, results

ABREVIATURAS

ADEVA:	Análisis de varianza
B/C:	Beneficio costo
CA:	Conversión alimenticia
Ca:	Calcio
cc:	Centímetro cúbico
CA:	Conversión Alimenticia
CT:	Calcitonina
°C :	Grado centígrado
DI:	Decilitros
DT:	Discondroplasia tibial
EMA:	Energía metabolizable para aves
FA:	Fosfatasa alcalina
G:	Gramo
IE:	Índice de eficiencia
Kg:	Kilogramo
m³:	Metro cúbico
mg:	Miligramo
MJ:	Mega Jules
Mn:	Manganeso
MS:	Materia seca
NRC:	National Research Council
P:	Fósforo
PC:	Proteína cruda
Pd:	Fósforo disponible
pH:	Potencial Hidrógeno
Pi:	Fósforo inorgánico
PIB:	Producto interno bruto
Pro.:	Probabilidad
PTH:	Hormona paratiroides
Tm:	Tonelada métrica
TUE:	Tamaño de la unidad experimental
UFT:	Unidades de fitasa
UI:	Unidades internacionales
Zn:	Zinc

CONTENIDO

	Página
Autorización	ii
Certificación	iii
Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Resumen	vii
Summary	viii
Abreviaturas	ix
Índice	x
Lista de Cuadros	xv
Lista de Gráficos	xviii
Lista de Anexos	xx
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
1.3. HIPÓTESIS NULA.	3
1.4. HIPOTESIS ALTERNATIVA	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. ENZIMAS EN LA ALIMENTACION DE AVES	4
2.1.1. Antecedentes y estado actual de utilización	4
2.1.2. Características de las enzimas	5
2.1.3. Uso en la alimentación animal	5
2.2. EL FÓSFORO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	6
2.2.1. Importancia	6
2.2.2. Funciones metabólicas del fósforo	7
2.2.3. Trastornos del metabolismo del fósforo	9
2.2.3.1. Efectos de la deficiencia de fósforo	9
2.2.3.2. Efectos del exceso e interacción del fósforo con otros minerales	9
2.2.4. Fuentes de fósforo	10
2.2.4.1. Fósforo en los ingredientes para dietas	10
2.2.4.2. Fósforo excretado al ambiente	10
2.2.5. Alternativas para la reducción del fósforo fecal	11

2.3.	FITASAS	11
2.3.1.	Definición e importancia	11
2.3.2.	Origen de las fitasa	13
2.3.3.	Tipos de fitasas	13
2.3.3.1.	Fitasas endógenas contenidas en los ingredientes de la ración	13
2.3.3.2.	Fitasas de origen microbiano producidas por la flora digestiva	15
2.3.3.3.	Fitasas microbianas de producción industrial	15
2.3.4.	Acción de las fitasas	16
2.3.5.	Factores que influyen en la actividad de las fitasas	17
2.3.5.1.	Especificidad de sustrato	18
2.3.5.2.	pH y temperatura	18
2.3.5.3.	Termoestabilidad	18
2.3.5.4.	Resistencia a las proteasas	19
2.3.6.	Formulación con fitasas	19
2.3.6.1.	Aplicación en fábrica	20
2.3.6.2.	Utilización práctica	20
2.3.7.	Utilidad ecológica de las fitasas	21
2.3.8.	Utilidad económica de las fitasas	22
2.4.	METABOLISMO MINERAL	22
2.4.1.	Determinación de la retención de fósforo en huesos	22
2.4.2.	Concentraciones de fósforo en sangre	23
2.5.	EXPERIENCIAS DESARROLLADAS EN AVES CON EL USO DE FITASAS	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1.2.	Ubicación del campo experimental	29
3.1.2.	Condiciones agro meteorológicas.	29
3.2.	MATERIALES	29
3.2.1.	Materiales	30
3.2.2.	Equipos	30
3.2.3.	Reactivos	31
3.3.	MÉTODOS	31
3.3.1.	Unidades experimentales	31

3.3.2.	Factores de estudio y tratamientos	31
3.3.3.	Dietas alimenticias	31
3.3.4.	Diseño experimental	32
3.3.5.	Mediciones experimentales	34
3.3.5.1.	Desempeño productivo de las aves	34
3.3.5.2.	Respuesta metabólica	34
3.3.5.3.	Análisis económico	34
3.3.6.	Análisis estadístico	34
3.4.	PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES	35
3.4.1.	Trabajo de campo	35
3.4.2.	Programa sanitario	37
3.4.3.	Determinación del metabolismo mineral	38
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1	DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA	39
4.1.1.	Pesos	39
4.1.2.	Ganancias de pesos	42
4.1.3.	Consumo de alimento	44
4.1.4.	Conversión alimenticia	46
4.1.5.	Costo/kg de ganancia de peso	48
4.2.	DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE LOS TIPOS DE FITASA EN VARIOS NIVELES	49
4.2.1.	Pesos	50
4.2.2.	Ganancias de pesos	53
4.2.3.	Consumo de alimento	57
4.2.4.	Conversión alimenticia	59
4.2.5.	Costo/kg de ganancia de peso	63
4.3.	DESEMPEÑO PRODUCTIVO TOTAL DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA	65
4.3.1.	Por efecto de los tipos de fitasa	65
4.3.1.1.	Pesos	65
4.3.1.2.	Ganancias de pesos	66
4.3.1.3.	Consumo de alimento	67
4.3.1.4.	Conversión alimenticia	68

4.3.1.5.	Costo/kg de ganancia de peso	68
4.3.1.6.	Peso a la canal	69
4.3.1.7.	Rendimiento a la canal	69
4.3.1.8.	Mortalidad	69
4.3.1.9.	Índice de eficiencia	70
4.3.2.	Por efecto del número de ensayos	70
4.3.3.	Respuesta metabólica	71
4.3.3.1.	Fósforo sanguíneo, mg/dl	71
4.3.3.2.	Fosfatasa alcalina, U/L	72
4.3.3.3.	Fósforo en las heces, %	72
4.3.3.4.	Fósforo en los huesos (canilla), %	73
4.3.3.5.	Calcio en los huesos (canilla), %	74
4.3.3.6.	Relación calcio/fósforo	75
4.4.	DESEMPEÑO PRODUCTIVO TOTAL DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE TIPOS DE FITASA EN VARIOS NIVELES	75
4.4.1.	Pesos	76
4.4.2.	Ganancias de pesos	76
4.4.3.	Consumo de alimento	77
4.4.4.	Conversión alimenticia	77
4.4.5.	Costo/kg de ganancia de peso	77
4.4.6.	Peso a la canal	78
4.4.7.	Rendimiento a la canal	78
4.4.8.	Mortalidad	79
4.4.9.	Índice de eficiencia	79
4.4.10.	Respuesta metabólica	80
4.4.10.1.	Fósforo sanguíneo, mg/dl	80
4.4.10.2.	Fosfatasa alcalina, U/L	82
4.4.10.3.	Fósforo en las heces, %	82
4.4.10.1.	Fósforo en los huesos (canilla), %	83
4.4.10.1.	Calcio en los huesos (canilla), %	83
4.4.10.1.	Relación calcio/fósforo	83
4.5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	84
4.5.1.	Por efecto de los tipos de fitasa	84
4.5.2.	Por efecto de las fitasas en varios niveles	86

V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1.	CONCLUSIONES	88
5.2.	RECOMENDACIONES	89
VI.	LITERATURA CITADA	90
	ANEXOS	96

LISTA DE CUADROS

Nº		Página
1.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO DE ACUERDO AL TIPO DE FITASA Y NÚMERO DE ENSAYOS.	32
2.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA EL TIPO DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	33
3.	ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL TIPO DE FITASA Y NÚMERO DE ENSAYOS.	34
4.	ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL TIPO DE FITASA EN VARIAS DOSIS Y NÚMERO DE ENSAYOS.	34
5.	COMPORTAMIENTO DE LOS PESOS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS	38
6.	COMPORTAMIENTO DE LAS GANANCIAS DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.	41
7.	COMPORTAMIENTO DE LOS CONSUMOS DE ALIMENTO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.	44
8.	COMPORTAMIENTO DE LAS CONVERSIONES ALIMENTICIAS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.	45
9.	COMPORTAMIENTO DE LOS COSTOS/KG DE GANANCIA DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.	48
10.	COMPORTAMIENTO DE LOS PESOS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	49
11.	COMPORTAMIENTO DE LAS GANANCIAS DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	54

12.	COMPORTAMIENTO DE LOS CONSUMOS DE ALIMENTO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	57
13.	COMPORTAMIENTO DE LAS CONVERSIONES ALIMENTICIAS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	60
14.	COMPORTAMIENTO DE LOS COSTOS/KG DE GANANCIA DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	63
15.	DESEMPEÑO PRODUCTIVOS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.	65
16.	PRESENCIA DE FÓSFORO Y CALCIO EN POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.	71
17.	DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	75
18.	PRESENCIA DE FÓSFORO Y CALCIO EN POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS	80
19.	EVALUACIÓN ECONÓMICA (DÓLARES) DE LA PRODUCCIÓN DE POLLOS DE ENGORDE, CON LA ADICIÓN DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.	85
20.	EVALUACIÓN ECONÓMICA (DÓLARES) DE LA PRODUCCIÓN DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.	87

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Página
1.	Comportamiento de los pesos (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa (sólida en el balanceado y líquida en el agua de bebida).	39
2.	Comportamiento de los pesos (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos, que recibieron diferentes tipos de fitasa.	40
3.	Comportamiento de las ganancias de pesos (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos de tipos fitasa.	42
4.	Comportamiento de las ganancias de peso (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa.	42
5.	Comportamiento de los consumos de alimento (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.	44
6.	Comportamiento de la conversión alimenticia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.	46
7.	Comportamiento de la conversión alimenticia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa.	47
8.	Comportamiento del costo/kg de ganancia de peso (dólares) en pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa.	49
9.	Peso a los 28 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	51
10.	Peso a los 42 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	52
11.	Comportamiento de los pesos (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa en varias dosis.	54

12.	Ganancia de peso a los 28 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	55
13.	Ganancia de peso a los 42 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	56
14.	Consumo de alimento a los 42 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	59
15.	Conversión alimenticia a los 28 días de edad de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	61
16.	Conversión alimenticia a los 42 días de edad de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	62
17.	Comportamiento de la conversión alimenticia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa en varias dosis.	63
18.	Comportamiento del costo/kg de ganancia de peso (dólares), de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa en varias dosis.	64
19.	Presencia de fósforo sanguíneo (mg/dl), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.	72
20.	Presencia de fósforo en las heces (%), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.	73
21.	Presencia de fósforo en los huesos (%), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.	74
22.	Rendimiento a la canal (%) de pollos de engorde sacrificados a los 42 días de edad, que recibieron el suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	78
23.	Índice de Eficiencia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.	80
24.	Presencia de fósforo sanguíneo (mg/dl), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa en varios niveles.	81
25.	Presencia de fósforo en las heces (%), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa en varios niveles.	82
26.	Relación calcio: fósforo a nivel de hueso, en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa en varios niveles.	84

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Reporte del cálculo de las raciones alimenticias con diferentes niveles de fitasa.
2. Procedimiento AOAC 2000.
3. Resultados experimentales de los pesos de los pollos de engorde que se les suministró dos tipos de fitasas en varios niveles.
4. Resultados experimentales de las ganancias de pesos de pollos de engorde que se les suministró dos tipos de fitasas en varios niveles.
5. Resultados experimentales de los consumos de alimento de pollos de engorde que se les suministró dos tipos de fitasas en varios niveles.
6. Resultados experimentales de las conversiones alimenticias de pollos de engorde que se les suministró dos tipos de fitasas en varios niveles.
7. Resultados experimentales del costo/kg de ganancia de peso de pollos de engorde que se les suministró dos tipos de fitasas en varios niveles.

I. INTRODUCCIÓN



La avicultura ecuatoriana, en especial la del pollo, muestra un futuro alentador, gracias, de un lado, a la buena aceptación que esta carne tiene entre la población local, y de otro, a los esfuerzos que los cultivadores de materias primas (maíz y soya), vienen haciendo por mejorar su productividad, lo que terminará por favorecer la competitividad de la cadena. La avicultura es una actividad en pleno desarrollo en el Ecuador, desde 1992, el consumo de carne de ave se incrementó de 7,5 kilos por persona al año a 32 kilos hasta 2011, mientras que los huevos subieron de 32 unidades a 140, consumo per cápita en el mismo período. Esta cadena representa en su totalidad el 14% del Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario del 2011, lo que corresponde a su vez a alrededor \$11.000 millones, por ello, la importancia de cubrir la necesidad de materia prima para la elaboración de los balanceados [1].

También llama la atención, que los mayores avances en nutrición puedan ocurrir con el descubrimiento de nuevos nutrientes o mediante el ajuste de los requerimientos nutritivos. Por el contrario, el mejoramiento en la eficiencia de utilización de materias primas y el uso de un amplio rango de ingredientes actualmente considerados de calidad inferior, posiblemente producirán los mayores avances de la alimentación animal. Un método promisorio para alcanzar estas metas y que ha recibido gran interés en años recientes es el uso de enzimas para suplementar el alimento (Carlón, G. 2004).

La formulación de alimentos balanceados para aves aplicando el concepto de uso de enzimas, es una herramienta confiable y muy eficiente que permite optimizar el uso de las fuentes de fósforo, energía y proteína para la alimentación animal, en particular cuando los ingredientes son de baja calidad o por su precio son limitantes como el caso del fósforo, en las formulaciones a mínimo costo y proteína ideal, permitiendo con esto ampliar los criterios sobre el uso de ingredientes distintos a los denominados tradicionales.

¹ elsitioavicola.com (2012)

La adición de las fitasas en la industria de alimentos balanceados es cada vez más frecuente, debido a los beneficios económicos que reporta su utilización. Así, en Centroamérica, EE.UU., México, Brasil y Suramérica, su utilización en las principales integraciones de pollos de engorde se ha incrementado (Méndez, J. 2008).

A pesar de todas estas bondades, no se emplean estas enzimas a escala comercial, pero la falta de estudios integrados, que consideren el impacto ambiental como un elemento igual o tan importante como el impacto económico, frena su empleo. Además, no siempre la respuesta productiva fue la esperada, ya sea por el manejo y almacenamiento inadecuado de la enzima, o por formulaciones que no consideran el trabajo con la matriz de nutrientes (Acosta, A. 2008)

La definición exacta de los requerimientos de fósforo de las aves es difícil y se complica en la actualidad por la introducción de las fitasas microbianas. En algunos estudios donde se emplean estas enzimas, se demuestra que las necesidades de fósforo disponible se pueden reducir en casi todas las fases. Sin embargo, los resultados encontrados en las investigaciones no han sido consistentes, probablemente por la complejidad de los sistemas enzimáticos o la inestabilidad de las enzimas (Angel, R. *et al.* 2004)

Por todo lo anterior, es necesario profundizar en el estudio del metabolismo mineral y la respuesta productiva de pollos con diferentes tipos de enzimas fitasas, por la posibilidad que brindan para reducir el fósforo dietético a emplear y por la falta de resultados que integren la respuesta metabólica y productiva.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la adición de dos tipos fitasa (sólida y líquida al agua de bebida), mediante pruebas de desempeño y respuestas metabólicas, para medir el rendimiento productivo y metabólico en pollos de engorde.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el desempeño productivo de pollos de engorde por efecto de dos tipos de fitasa en varios niveles.
- Determinar el tipo de fitasa y el nivel óptimo de utilización para mejorar la producción de pollos de engorde.
- Evaluar la respuesta metabólica de los pollos de engorde por efecto del empleo de dos tipos de fitasas en base al contenido de fósforo y calcio a nivel de huesos y sangre.
- Establecer los costos de producción y su rentabilidad a través indicador beneficio/costo.

1.3. HIPÓTESIS NULA

- La actividad enzimática de la fitasa exógena incluida en el alimento, no mejora el desempeño productivo ni el rendimiento metabólico en los pollos de engorde.

1.4. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

- La actividad enzimática de la fitasa exógena incluida en el alimento, si mejora el desempeño productivo y metabólico en los pollos de engorde.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ENZIMAS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES

2.1.1. Antecedentes y estado actual de utilización

Las enzimas se han evaluado experimentalmente en la alimentación de las aves desde hace más de 40 años. Sin embargo, su éxito inicial fue poco, debido a la naturaleza de los complejos enzimáticos utilizados. Al principio, las enzimas se aislaron a partir de órganos animales, hecho que facilitaba su desnaturalización. La biotecnología ha permitido sintetizarlas a partir de microorganismos, así como comercializarlas de modo espectacular (Oyango, E. *et al.* 2005).

En el año 2000, el mercado internacional de enzimas para la alimentación animal llegó a involucrar 100 millones de dólares. Sin embargo, solamente el 10 % de los piensos de aves eran suplementados con mezclas enzimáticas (Soto, M. & Wyatt, E. 2000).

A partir de este primer paso, la industria para la alimentación animal ha apoyado estudios de otros productos enzimáticos (proteasas, α -galactosidasas, β -mananasas) para mejorar el uso de diferentes fuentes proteicas y eliminar factores anti nutritivos como los oligosacáridos de las leguminosas (Bedford, M. 2004).

Recientes estimaciones sugieren que este mercado mueve una cifra de 20 millones de dólares y que un 5 % de las dietas para pollos, a base de maíz-soja, contienen enzimas (Juampere, J. *et al.* 2005).

La utilización de las enzimas no solo representa una mejora en el valor nutricional de los alimentos, sino que también permite incrementar sus posibilidades en el uso de materias primas para alimentos balanceados. Además, representa una gran oportunidad de negocio a nivel internacional para la nutrición avícola (Acosta, A. & Cárdenas, M. 2006).

2.1.2. Características de las enzimas

Acosta, A. & Cárdenas, M. (2006), indican que las enzimas son productos de origen biológico que catalizan las reacciones bioquímicas relacionadas con la vida celular y forman combinaciones químicas con uno o varios sustratos. Son proteínas de alto peso molecular (entre 10 000 y 500 000 Daltons) y, al igual que el resto, son sensitivas al ambiente físico-químico que puede modificar su actividad. La actividad enzimática depende de las siguientes consideraciones:

- La velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas se incrementa con la temperatura. Este factor ejerce una marcada influencia, tanto en la expresión de las enzimas por los microorganismos como en su actividad. El hecho de que las enzimas posean una temperatura óptima, es aparente, ya que al ser proteínas, se desnaturalizan por la acción del calor y se inactivan cuando el aumento de la temperatura sobrepasa cierto punto.
- Las enzimas trabajan en un pH característico, en el cual su actividad es máxima. Por encima o por debajo de éste, la actividad disminuye e impide así la extensión y velocidad de la reacción biológica. Por esto, los perfiles de las curvas de actividad en función del pH tienen generalmente forma acampanada.
- El agua está involucrada en muchas de las reacciones responsables de la desactivación de las enzimas. La disminución de la humedad en el medio reduce la estabilidad de la proteína. La actividad y estabilidad de la enzima está íntimamente relacionada con el estado de hidratación de la proteína.

2.1.3. Uso en la alimentación animal

Carlón, G. (2004), reporta que el valor nutritivo de cualquier alimento es influenciado por su composición química y el grado en el cual el ave es capaz de digerir, absorber y utilizar sus componentes. La adecuada utilización de enzimas puede mejorar la digestibilidad de materias primas y reducir la variabilidad de éstas de la siguiente manera:

- Rompiendo la pared celular y permitiendo un mejor acceso de las enzimas endógenas a los nutrientes encapsulados.
- Inactivando los factores anti nutricionales encontrados en los cereales y en las fuentes de proteína vegetal.
- Suplementando el sistema enzimático del animal, ya que después de nacer las aves necesitan absorber y utilizar los nutrientes del alimento y para esto, el tracto gastrointestinal necesita madurar.
- Minimizando la fermentación bacteriana en el intestino delgado y fomentándola en los ciegos.

2.2. EL FÓSFORO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

2.2.1. Importancia

El fósforo (P) está asociado a varias y muy importantes funciones metabólicas. Interviene en el metabolismo energético (relación con peso y conversión alimentaria), en la formación y mantenimiento de los huesos, así como en la constitución del cascarón del huevo. Constituye, además, parte de los fosfolípidos que integran la membrana celular e interviene como tampón en la regulación del pH corporal (Acosta, A. & Cárdenas, M. 2006).

El fósforo es el elemento químico cuyas funciones biológicas actualmente están mejor determinadas, se considera uno de los elementos minerales más versátiles que se encuentran en la naturaleza. Es el segundo mineral más abundante en la composición de los tejidos animales, donde el 80% del fósforo total se encuentra en los huesos y dientes, el resto se distribuye entre los fluidos y otros tejidos. Los huesos además de ser los elementos estructurales del cuerpo, sirven como reserva de calcio (Ca_{2+}) y P, ambos se pueden movilizar cuando el suplemento de esos minerales es inadecuado para satisfacer las exigencias nutricionales (Acosta, A. 2008).

De acuerdo a Méndez, J. (2008), los monogástricos, en general, carecen o tienen muy pocas enzimas en el intestino delgado que puedan hidrolizar los fitatos. Por esta razón, el fósforo y los demás minerales que se encuentren

ligados a los fitatos tendrán una disponibilidad muy limitada. En cambio las aves sí tienen algo de actividad fitásica a nivel intestinal por lo que el aprovechamiento es, en general, superior al de la especie porcina. Hay que señalar que la disponibilidad también depende de la especie animal, por este motivo es necesario dar tres valores en matriz para el fósforo:

- Fósforo total, que es del que se dispone información bibliográfica y analítica y es el utilizado en rumiantes ya que estos sí disponen de fitasas en el rumen.
- Fósforo disponible porcino.
- Fósforo disponible avicultura.

Cunha, M. (2012), reporta que para el productor avícola el alimento representa el costo más grande, 70% del presupuesto es el alimento, en donde el fósforo es el tercer nutriente en importancia, sólo por debajo de la energía y la proteína, respectivamente. Si tomamos en cuenta que gran parte del fósforo contenido en los granos no se digiere, entonces el productor tendrá que añadir fósforo de fuentes inorgánicas para cubrir los requerimientos de los animales, acción que lleva a encarecer el alimento.

2.2.2. Funciones metabólicas del fósforo

Según Runho, R. *et al.* (2001), al fósforo se le atribuyen numerosas funciones, dentro de ellas las principales son: formación de la estructura ósea, participación en la formación de las membranas celulares y utilización y transferencia de la energía en forma de ATP. Es un componente fundamental de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), esencial para el crecimiento y diferenciación nuclear; participa en el mantenimiento de la presión osmótica y en el equilibrio ácido-base; en la utilización de la energía a través del adenosina mono, di y tri fosfato y en la formación de fosfolípidos. También desempeña un importante papel en el transporte de ácidos grasos, almacenamiento de la energía, formación de proteínas, además de influir en el apetito y en la eficiencia alimenticia.

El fósforo, está relacionado con la formación del colágeno y la

mineralización ósea. Aumenta la resistencia tensil del hueso y la cicatrización de las fracturas, actúa en el metabolismo de los glúcidos y prótidos, es un componente de los hexafosfatos, lecitina, caseína, pepsina y creatinina-fosfato y participa en las etapas de fosforilación de la glucosa. Además, es componente del AMP cíclico y activador de varias enzimas para la utilización de la vitamina B y posee función amortiguadora en el líquido intracelular y en los fluidos tubulares del riñón (Pizzolante, C. 2000).

El fósforo se ingiere en forma inorgánica como mono, di o trifosfato, o en forma orgánica como fitato, fosfolípidos o fosfoproteínas. Se absorbe en el intestino delgado de las aves en forma de iones ortofosfato (PO_4^{3-}) por difusión simple siguiendo un gradiente de concentración o transporte activo en dependencia de la vitamina D y el sodio. Su tasa de absorción depende de factores como: pH; viscosidad intestinal; nivel de disponibilidad del fósforo dietético; presencia de vitamina D; relación Ca:P; presencia de minerales como hierro, aluminio, magnesio y manganeso; forma y grado de pureza de los tipos de minerales empleados; edad de las aves; nivel de calcio dietético y consumo de lactosa y grasa (Hall, J. *et al.* 2001).

El fósforo absorbido pasa a la corriente sanguínea y su mecanismo de transporte a las células se regula por un sistema hormonal constituido por las hormonas paratiroides (PTH), calcitonina (CT) y estrógeno.

Según Nowycky, M. & Thomas, A. (2002), la calcitonina permite la entrada de fosfato a las células óseas desde el líquido perióseo, disminuye así el movimiento del calcio óseo hacia el plasma, mientras que la PTH estimula el movimiento de calcio y fósforo de los huesos para la sangre. Los estrógenos están ligados íntimamente con la remodelación ósea y bajas concentraciones de esta hormona causan disminución de la masa ósea.

La deposición ósea se realiza de forma mecánica por los osteoblastos que se encuentran en la superficie externa de los huesos o en sus cavidades; mientras que la absorción ósea ocurre por la acción de los osteoclastos, con un equilibrio entre deposición y absorción, excepto en los animales en crecimiento.

Los osteoblastos secretan grandes cantidades de enzima fosfatasa alcalina (FA) la cual aumenta en sangre e indica la deposición activa de fosfato en la matriz ósea. Esta enzima constituye buen indicador de formación ósea. La cantidad de Ca y P en las cenizas óseas es de 36 y 17%, respectivamente, aumenta con la edad de las aves, la relación entre ellas es 2:1 con muy poca variación (Acosta, A. 2008).

2.2.3. Trastornos del metabolismo del fósforo

2.2.3.1. Efectos de la deficiencia de fósforo

La deficiencia de fósforo en la sangre (hipofosfatemia) puede causar anormalidades en la función hepática, rigidez de los glóbulos rojos y disfunción cerebral. Además, la hipofosfatemia influye negativamente en el desarrollo óseo y desencadena condiciones que a mediano y largo plazo alteran la salud y el desempeño productivo del animal (Peebles, E. *et al.* 2007).

La hipofosfatemia, causada por el consumo inadecuado de fósforo, se relaciona con bajo apetito y consumo de alimento, pobre razón de crecimiento y reducción en los tenores de la hormona de crecimiento, esta situación disminuye la tolerancia y la capacidad fisiológica de las aves para manejar el estrés por calor (Acosta, A. 2008)

2.2.3.2. Efectos del exceso e interacción del fósforo con otros minerales

Las aves toleran el exceso de fósforo en la dieta debido a su excreción a través del sistema urinario y digestivo, ya que poseen mecanismos homeostáticos que eliminan el mineral. Sin embargo, concentraciones entre 0.55 y 0.83% fósforo disponible pueden causar discondroplasia tibial (DT). Niveles deficientes de Ca y excesivos de P (0,80% Ca y 0,75 % de Pd; 0,63% Ca y 0,55 de Pd) aumentan la incidencia de DT en pollos de engorde (Applegate, T. *et al.* 2003).

El exceso de fósforo disponible en la dieta también puede alterar la eficiencia de utilización del manganeso (Mn). La adición de fósforo disponible por

0.4 y 0.8 % en exceso de los requerimientos del NRC (0.5% fósforo disponible) redujo la utilización de Mn en 22 y 38%, respectivamente (Acosta, A. 2008).

2.2.4. Fuentes de fósforo

2.2.4.1. Fósforo en los ingredientes para dietas

Según Kornegay, E. (2001), los ingredientes que comúnmente más se utilizan para las dietas de las aves son los cereales, leguminosas y semillas de oleaginosas; en este grupo se destacan el maíz y la soya. Sólo el 28% del P presente en el maíz puede ser utilizado por las aves, mientras que en la harina de soya (44% proteína) únicamente está disponible el 40% del P total. El porcentaje restante de P en el maíz y la soya forma parte del ácido fítico.

El fósforo fítico disminuye la disponibilidad de los aminoácidos por la formación de complejos proteína-fitato, tanto en el alimento como por la formación de nuevos complejos con aminoácidos libres en el tracto gastrointestinal. La interacción entre el fitato y las proteínas depende de las condiciones de pH. El medio ácido permite que el fitato forme enlaces electrostáticos con los residuos básicos de los aminoácidos arginina, lisina e histidina resultando en complejos insolubles. En condiciones básicas los complejos se forman a través de la interacción entre el grupo carboxilo de las proteínas y los cationes divalentes (Ca, Mg, Zn) de la molécula del fitato (Acosta, A. 2008).

2.2.4.2. Fósforo excretado al ambiente

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2007), el desarrollo de la ganadería intensiva se basó en la implantación de profundos cambios en los sistemas de producción, para tratar de satisfacer la demanda creciente de alimentos de origen animal. Al mismo tiempo, originó aumento de la problemática medioambiental. Por eso, en los últimos años se evolucionó hacia la visión integrada de los procesos medioambientales de manera que se valoren, conjuntamente, los impactos producidos al agua, al aire y al suelo.

En este sentido, las diferentes directivas medioambientales disponen que la ganadería intensiva, en especial la avicultura, debe ser regulada, pues la producción intensiva de pollos de engorde y gallinas ponedoras crece considerablemente y la producción de desechos también. Solamente EEUU produjo en un año cerca de 320 mil toneladas de P vía excreta de las aves (Pizzolante, C. 2000).

Una de las alternativas para los desechos que se generan por las aves, es el uso de éstos como fertilizante orgánico para la agricultura. La adición de excretas de aves al suelo, como abono orgánico, puede aumentar hasta 0.167% el fósforo disponible para las plantas por cada unidad de fósforo adicionado, siempre y cuando no exista saturación de fósforo en el suelo (Acosta, A. 2008).

2.2.5. Alternativas para la reducción del fósforo fecal

Existen diferentes estrategias para reducir la excreción de nutrientes al ambiente, la primera de ellas es mejorar la eficiencia alimenticia, conceptos como proteína ideal, suplementación con aminoácidos sintéticos, fuentes de fósforo disponible, vitamina D, promotores de crecimiento, granulometría adecuada y dietas peletizadas. Otras alternativas son mejorar la disponibilidad nutricional de los alimentos con suplementación de enzimas, aumentar la digestibilidad de la fibra y reducir la acción de los factores anti nutricionales (Nahm, K. 2002).

La inclusión de menores cantidades de fósforo en las dietas es una de las vías para reducir la excreción. La adición de fitasas microbianas a las dietas mejora el aprovechamiento del fósforo, reduce el desperdicio de fosfato y permite utilizar menores cantidades de fósforo inorgánico en la dieta (Waldroup, P. *et al.* 2000).

2.3. FITASAS

2.3.1. Definición e importancia

Las fitasas son fosfatasas que pertenecen a un conjunto diferenciado de

enzimas, clasificadas en fosfatasas alcalinas, fosfatasas ácidas de alto y bajo peso molecular y fosfatasas proteína. Catalizan el proceso de hidrólisis del ácido fítico y liberan, de forma secuencial, hasta seis grupos ortofosfatos libres, plenamente disponibles para los animales monogástricos (Kemmerle, P. 1998).

Estas enzimas hidrolizan únicamente los fitatos en solución, por lo que su acción requiere humedad en el medio y condiciones determinadas de pH y temperatura. Estas condiciones son variables, según el tipo de fitasa. La hidrólisis de fitatos *in vitro* da lugar a una acumulación temporal de fosfatos de mioinositol, de 3 a 1 grupo fosfato (IP-3 a IP-1), los que no se perciben en la digesta ileal de cerdos y aves que reciben dietas suplementadas con fitasas microbianas. Esto indica que en el organismo animal la acción de las fitasas se favorece con la presencia de otras fosfatasas que actuarían de forma sinérgica y que son, probablemente, de origen endógeno (Applegate, T. *et al.* 2003).

Las fitasas están presentes de forma natural en numerosos cultivos de bacterias y hongos. Se encuentran, además, en ciertos granos y pueden llegar al tracto intestinal de todos los animales por la ingestión de plantas que las contienen o por la propia micro flora intestinal que las produce, así como también por la producción enzimática endógena de la mucosa (Moran, E. 2004).

Según Oyango, E. *et al.* (2005), las fitasas son las enzimas más comúnmente empleadas, después las xilanasas y en un tercer lugar, muy distante, las celulasas. Esto ha ocasionado que, en los últimos diez años, su empleo en las dietas de aves haya ido en aumento. Sin embargo, al contrario de otros aditivos alimenticios como los aminoácidos y las vitaminas, que en el animal tienen una potencia y requerimiento bien definidos, existe aún un conocimiento limitado acerca de las relaciones entre las unidades analizadas, las dosis requeridas y la bioeficacia óptima para los diferentes productos enzimáticos.

Cunha, M. (2012), señala que la fitasa mejora la digestibilidad del fósforo contenido en los ingredientes vegetales del alimento balanceado y esto a su vez reduce la cantidad de fósforo inorgánico que debe ir añadido al alimento, permitiendo también reformular, mejorando la energía y la digestibilidad de los

aminoácidos. Esto debido a que al romper el fitato no sólo se libera fósforo y calcio, sino también son liberados carbohidratos y aminoácidos. Con ello se promueve una reducción en el costo del alimento balanceado y una mejora en la digestibilidad de los ingredientes, manteniendo óptimos parámetros productivos de las aves.

2.3.2. Origen de las fitasa

Las fitasas se encuentran en la naturaleza en un gran número de granos, semillas y subproductos, siendo el centeno, el triticale, el trigo y los salvados los que poseen una mayor riqueza. En los microorganismos, principalmente en hongos, también se encuentran en muy altas concentraciones. De igual forma se presentan en la mucosa del tracto gastrointestinal, pero en cantidades muy poco representativas (Viveros, A. *et al.* 2000).

Durante el procesado de los alimentos, y en particular durante la germinación de los granos de los cereales, se produce un incremento significativo en la actividad de la fitasa (Centeno, C. *et al.* 2001).

Viveros, A. *et al.* (2010), indican que la mayoría de los alimentos utilizados en la alimentación de las aves, posee una considerable proporción de fósforo de origen vegetal (50-70 %) que está presente en forma de fitato. Los fitatos son una mezcla de sales del ácido mioinositol hexafosfórico o ácido fítico. La capacidad de utilización de este fósforo por parte de los animales es muy baja, debido a la carencia de la enzima fitasa necesaria para hidrolizar y liberar el fósforo.

2.3.3. Tipos de fitasas

2.3.3.1. Fitasas endógenas contenidas en los ingredientes de la ración

Existe un cierto número de semillas con actividad fitásica propia, particularmente dentro del grupo de los cereales. El contenido es importante en el caso del trigo, centeno y triticale y de poco interés en el resto de los granos que se utilizan en la práctica (Ravindran, V. *et al.* 1999).

La actividad fitásica es muy reducida en harinas proteicas (soya, colza y algodón) y granos de leguminosas. Su contenido varía en función de la variedad y de factores medioambientales. Por el contrario, los subproductos de la molinería, en especial aquellos que proceden del trigo (salvados) o los que se obtienen mediante procesos fermentativos son ricos en actividad fitásica (Yi, Z. & Kornegay, E. 2000).

Se estima que las fitasas vegetales son 10 % menos eficientes que las de naturaleza fúngica. La razón podría ser el estrecho rango de pH al que estas fitasas son activas, pues sus valores óptimos de máxima actividad superan los encontrados en el buche y en el estómago, principales puntos de acción (Ward, N. 2002).

Existe cierto número de semillas con actividad fitásica propia, particularmente dentro del grupo de los cereales. El contenido es importante en el caso del trigo, centeno y triticale y de poco interés en el resto de los granos utilizados en la práctica. Esta actividad fitásica es muy reducida en harinas proteicas (soja, colza y algodón) y granos de leguminosas (Acosta, A. 2008).

Por el contrario, los subproductos de molinería, en especial aquellos que proceden del trigo (salvados) o los obtenidos mediante procesos fermentativos (solubles de destilería, raicilla de cebada, gérmenes de maíz) son ricos en actividad fitásica (Lumpkins, B.& Botal, A. 2005).

El fitato, está bien definido, pero su presencia en cereales y oleaginosas es bastante variable. No sólo en la cantidad, sino también su ubicación dentro de éstos. Se encuentra principalmente en el germen del maíz, en la capa aleurona del trigo y cebada, y asociado con cuerpos proteicos en la pasta de soya. De esta forma, el acceso a los cristales de fitato dentro de las células vegetales por la fitasa exógena, dependerá de su resistencia relativa a la digestión y la potencialidad de este material para solubilizarse en un medio ácido (Selle, P. *et al.* 2003).

La cantidad de fitasas de origen vegetal que se encuentra en la mayoría de

los piensos para monogástricos es insuficiente para liberar del fitato todo el Pi que el animal necesita. Además, se destruyen fácilmente por acción del calor, por lo que resulta difícil su valoración en formulación práctica. Son pues fuentes poco fiables de suministro de actividad fitásica, especialmente en condiciones de bajo pH digestivo o de altas temperaturas (Acosta, A. 2008).

2.3.3.2. Fitasas de origen microbiano producidas por la flora digestiva

Numerosos hongos y microorganismos presentes en el tracto intestinal producen Fitasa. Los rumiantes y el conejo pueden beneficiarse de esta actividad fitásica. Sin embargo, en la mayoría de las especies monogastricas, la actividad de la flora microbiana tiene lugar en el intestino grueso. Por ello, aunque las fitasas microbianas hidrolicen los fitatos y liberen el P inorgánico, el animal no se beneficia, ya que este se excreta enteramente en las heces (Acosta, A & Cárdenas, M. 2006).

La fitasa o mioinositol hexaquisfosfato fosfohidroxilasa es una enzima perteneciente al grupo de las fosfatasa de histidina acida que cataliza el proceso de hidrólisis del ácido fítico (IP-6) hasta ácido ortofosfónico necesario para el proceso metabólico de la biosíntesis celular (Acosta, A. 2008).

2.3.3.3. Fitasas microbianas de producción industrial

Numerosos hongos y bacterias son capaces de producir fitasas en condiciones naturales o de laboratorio. Sin embargo, las fitasas bacterianas (a excepción del *Bacillus subtilis*), son de naturaleza intracelular, y en general, no tienen un buen comportamiento en cuanto a productividad, en condiciones de laboratorio. Además, su pH óptimo de actividad es neutro o alcalino, lo que reduce su interés como aditivo en piensos (Zhang, Z. *et al.* 2000).

Por el contrario, las fitasas de origen fúngico se producen por un mayor número de especies, a diferencia de las bacterianas, la mayoría dan lugar a enzimas extracelulares. Como principal microorganismo productor de fitasa fúngica se destacan los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Peniophora*. Sus

enzimas son del tipo 3-fitasa y su sustrato preferido es el mioinositol hexafosfato (IP-6), al que hidrolizan a partir de la posición 3 de la molécula. Además, el pH óptimo de actividad oscila entre 2,5 a 7,5 y son activas en un amplio rango de temperaturas que están entre 35 y 63 °C (Douglas, M. *et al.* 2000).

Las técnicas de fermentación sumergida y en estado sólido son los procesos de obtención de enzimas fitasas que más se utilizan en la actualidad, con eficiencia que varían en función del tipo de cepa, condiciones del cultivo y disponibilidad de nutrientes para el crecimiento microbiano. La fitasa producida por *Aspergillus sp.*, presenta actividad de 1 075 unidades de fitasa/minuto/mL de cultivo bruto en pH de 5.5 a temperatura de 40 °C durante 10 días en el proceso de fermentación sumergida (Pandey, A. *et al.* 2001).

2.3.4. Acción de las fitasas

Las fitasas hidrolizan los fitatos a inositol y ortofosfato. Se reconoce dos tipos de actividad fitásica, 3 y 6-fitasas. Su diferencia radica en que la primera inicia su hidrólisis en el grupo fosfato que está en la posición 3 y la 6-fitasa en el que está en la 6. La 3-fitasa se ha encontrado en microorganismos y animales, mientras que la 6-fitasa es de origen vegetal (Turk, M. *et al.* 2000).

A pesar que todas las fitasas son capaces de hidrolizar el fitato, ya sea a partir de la posición 3 ó 6 de la molécula, su habilidad para defosforilar posteriormente la molécula del fosfo-inositol, varía sustancialmente. Una vez que el fósforo inicial se remueve de la molécula del hexa-fosfoinositol, las aves, a diferencia de otras especies, tienen la habilidad de defosforilar la molécula de fitato con fosfatasa ácida (Rutherford, S. *et al.* 2004).

Las fitasas tienen un efecto directo en la digestión del fósforo. Sin embargo, estudios en animales, junto con experimentos de digestibilidad, sugieren que los beneficios de las fitasas pueden ir más allá que la simple liberación de fósforo (Plumstead, P. *et al.* 2004).

El conocimiento de la hidrólisis del fitato permite evaluar las diferencias en

la eficacia entre las diferentes fuentes de fitasa. Diversos factores críticos dentro del tracto gastrointestinal impactarán la capacidad de la fitasa para su óptimo desempeño (Payne, R. *et al.* 2005).

2.3.5. Factores que influyen en la actividad de las fitasas

La fitasa como todas las enzimas, puede desencadenar su acción en condiciones medio ambientales determinadas (temperatura y pH) y, a su vez, presenta retos en términos de enzimas proteolíticas y concentraciones significativas de minerales, tanto de origen endógeno como en la dieta (Maenz, D. *et al.* 1999).

La razón de establecer un óptimo de actividad en la parte ácida es que el fitato es más soluble y susceptible ante el ataque de la fitasa a los niveles bajos de pH. Bedford, M. (2004), obtuvo micro imágenes de diferentes secciones del tracto digestivo de las aves y demostró que, aproximadamente el 100 % del fitato soluble en dietas no suplementadas con Fitasa reaparece en el yeyuno de manera íntegra.

Lo anterior es importante porque cuando el alimento pasa del proventrículo hacia el intestino delgado el pH se incrementa, y la solubilidad del substrato y su susceptibilidad ante el ataque de la fitasa se ven disminuidos. De este modo, la estrategia de la fitasa para ser exitosa es que la hidrólisis debe estar concentrada en las partes altas del tracto digestivo, especialmente en el proventrículo, donde por los rangos de pH no solo se solubiliza el fitato, sino que se favorece el trabajo de la fitasa (Acosta, A. & Cárdenas, M. 2006).

Augspurger, N. *et al.*, (2004), señalaron que altos niveles de zinc o cobre pueden quelatar al fitato en la región del yeyuno (rango de pH de 5-6). Esto ocasiona una baja eficacia de la fitasa y menor retención de fósforo en cerdos y pollos.

Cunha, M. (2012), señala que cuando se trata de elegir una fitasa para ser incluida en los alimentos, además de sus características, siempre se deben

revisar y comprender varios aspectos adicionales. Usualmente las fitasas son evaluadas por su capacidad de hidrolizar el ácido fítico y por la liberación de fósforo bajo ciertos parámetros de pH y temperatura, pero la actividad de una fitasa es afectada inherentemente por otros factores que condicionan a las enzimas en su forma de actuar. Las siguientes propiedades son de mucha importancia para un buen funcionamiento enzimático.

2.3.5.1. Especificidad de sustrato

Existen intensivas investigaciones sobre la afinidad de sustrato de una fitasa, las fitasas microbianas tienen una alta afinidad por el ácido fítico y su capacidad de hidrolizarlo, pero depende del tipo de fitasa, ya sea fúngica, *E. coli* o de *Bacillus* sp, su habilidad de degradarlo a un monoéster fosfato (Cunha, N. 2012).

2.3.5.2. pH y temperatura

La mayor parte de las fitasas encuentran su valor de pH óptimo para trabajar entre 4.5 y 6, pero hay fitasas que tienen pH óptimos entre 2.5 y 5.5 respectivamente, lo cual se considera apropiado ya que en el estómago de los animales comúnmente se encuentra ese nivel de pH (pH de 3 - 5). Lo que promueve una alta actividad específica en esta parte del tracto digestivo (Choi, Y. *et al.* 2001).

En el caso de la temperatura se ha encontrado que lo óptimo está en el rango de 37- 40°C para aves, aunque las fitasas bacterianas tienen un rango mayor de temperatura para actuar y va de los 45 a los 60°C (Mullaney, E. *et al.* 2002).

2.3.5.3. Termo estabilidad

Debido a que los alimentos comerciales son usualmente peletizados a altas temperaturas (60 - 85 °C) todas las enzimas para alimentos deben de ser estables al calor. La estabilidad de una fitasa como cualquier otra proteína, está definida

por la habilidad de resistir la desnaturalización en presencia de calor, se manejan tres estrategias para dicho fin: la primera es una cubierta química que mejora la termo estabilidad, la otra es la aspersión líquida post pellet y una tercera es la mejora biotecnológica de las fitasas. El seguimiento de las plantas de alimentos con tecnologías apropiadas es muy importante para conocer el comportamiento de cada enzima. Las principales características de una tabla de control incluye los puntos de información, una línea central (valor medio), y los límites altos y bajos, mismos que indican dónde un proceso se considera "fuera de control" (Cunha, M. 2012).

2.3.5.4. Resistencia a las proteasas

Una fitasa efectiva debe resistir el ataque de las enzimas proteolíticas: las fitasas fúngicas y bacterianas tienen diferentes sensibilidades a la pepsina y a la tripsina, pudiendo también observarse que las enzimas bacterianas tienen además una alta resistencia a la proteólisis (Wyss, C. *et al.* 2002).

2.3.6. Formulación con fitasas

Méndez, J. (2008), señala que está reconocida por la utilización práctica y por la literatura científica una equivalencia de 500 UFT (Unidades de fitasa) a 1 g de fósforo, es decir, si añadimos 500 UFT al pienso se puede reducir el aporte de fósforo disponible en 0,1 %. La dosis recomendada es de 500 UFT/kg y siempre asegurando que se tenga un sustrato de fósforo fítico en la dieta sobre el que puedan actuar las fitasas. Como mínimo debe existir un 0,2 % de fósforo fítico.

Cunha, M. (2012), reporta que normalmente, la tasa estándar de inclusión de fitasa en los alimentos de aves y cerdos es de 500 FTUs /kg alimento y en los alimentos para gallinas de postura es de 300 FTU/tm alimento. Considerando los precios actuales del fosfato dicálcico en la actualidad la tasa económica óptima de inclusión de fitasa es de unos 1000 FTU/kg alimento en los alimentos para pollos de engorde y lechones y 600 FTU/kg alimento en las dietas para ponedoras.

También indica que al anterior punto se debe añadir que es necesario

considerar el sustrato contenido en la dieta, no siempre una inclusión alta de enzima se considera propiamente efectiva ya que tiene como limitante el sustrato (es decir la cantidad de ácido fítico contenida en los ingredientes de la dieta) y el costo por dosis. Cuando se usa una enzima, también es necesario tomar en cuenta la variación de ingredientes y los respectivos sustratos, es decir, un ingrediente que tenga más ácido fítico estará aportando una cantidad adicional de fósforo si se tiene la dosis adecuada de enzima en la dieta.

2.3.6.1. Aplicación en fábrica

Las temperaturas de inactivación de las fitasas están muy próximas a las temperaturas utilizadas actualmente en granulación (60- 80 °C). En el futuro es posible que estas temperaturas aumenten al utilizar acondicionadores que admitan más vapor y, por tanto, más temperatura. En estos casos será necesario utilizar fitasas líquidas. Para la adición de enzimas líquidas existen varios puntos posibles después de la granulación. Un lugar frecuente es a la salida del enfriador, el inconveniente de este punto es que muchos enfriadores no tienen caudales de salida de gránulo continuo, siendo necesario un mecanismo que homogenice el flujo del pienso. Si existen cribas para gránulo, es recomendable añadir las enzimas después del cribado, pues en caso contrario, las enzimas que se reciclen con los finos pueden ser destruidas y, en algunos casos, la cantidad de enzimas recicladas con los finos pueden ser importantes (Carlón, G. 2004).

Un aspecto a considerar en el caso de las fitasas es la baja dosis de utilización, por esta razón es necesario utilizar equipos muy precisos de dosificación, pues si el pienso es consumido por pollitos en las primeras semanas de vida donde la ingesta diaria es de 20 a 40 g, es necesario conseguir una gran homogeneidad de inyección y que la mayoría de las partículas de pienso contengan fitasas, pues en caso contrario habría problemas serios de deficiencia de fósforo (Méndez, J. 2008).

2.3.6.2. Utilización práctica

Carlón, G. (2004), indica que para pollos los valores normales son de 1 g P

disponible por 500 UFT. Si las recomendaciones que se está utilizando de fósforo tienen un elevado margen de seguridad, como posiblemente sea el caso en general, cualquiera de estas equivalencias funcionan, pero si rebajamos los niveles de recomendaciones de P disponible, entonces es necesario actuar con prudencia al dar las equivalencias entre UFT y fósforo disponible.

Méndez, J. (2008), sostiene que las fitasas en avicultura dejaron de ser una cuestión científica y sólo queda su utilización práctica teniendo en cuenta lo siguiente:

- Precio de la unidad de fósforo disponible de las fuentes minerales
- Precio de las fitasas
- Cantidad de fósforo fítico de la dieta
- Temperatura de granulación
- Tecnología precisa para aplicación líquida
- Problemas medioambientales
- Cuantificar la posible mejora de otros nutrientes.

2.3.7. Utilidad ecológica de las fitasas

Según Méndez, J. (2008), el fin de la utilización de fitasas en la actualidad es disminuir la excreción de fósforo al medio ambiente y en algunos casos también pueden suponer cierto ahorro económico, especialmente en piensos de ponedoras. En varios trabajos realizados en pollos estima el aprovechamiento del fósforo en un 47 % y cuando utilizó fitasas aumenta el aprovechamiento al 64 % de forma que si consideramos un pollo de 1,5 kg la mejora relativa es de 100:50, lo que supondría una gran disminución del fósforo que se estaría incorporando al medioambiente.

Acosta, A. (2005), pudo reducir completamente la suplementación con fósforo inorgánico (Pi) en dietas de gallinas ponedoras, al utilizar 450 U/kg de fitasa (Natuphos), sin que se afectaran los indicadores productivos ni el metabolismo mineral de los animales.

Payne, R. *et al.* (2005), indican que es posible reducir en casi 60 % la excreción de fósforo al ambiente: Si se añadieran fitasas a todos los piensos para cerdos y aves, sería posible reducir la cantidad de fósforo liberado en el medio ambiente en 2,5 millones de toneladas cada año, a nivel mundial.

2.3.8. Utilidad económica de las fitasas

En la práctica se ha visto que el uso de fitasa en dietas para aves puede disminuir el costo de la ración entre 0,5 y 5 dólares/tn. Sin embargo, la magnitud del ahorro depende del precio y disponibilidad de los ingredientes, así como del requerimiento de nutrientes definido en cada fórmula (Payne, R. *et al.* 2005).

Juampere, J. *et al.* (2005), en pruebas de campo realizadas en Centro América con 450 000 aves testigo y 477 000 en prueba, no se observaron diferencias significativas en la conversión alimentaria y el peso corporal; pero el ahorro en dólares, por tonelada métrica de pienso, fue cercano a 1.90.

Pruebas realizadas en Brasil con pollos hembra y tratamientos con Ronozyme P, dietas bajas en fósforo (control negativo) y dieta alta en fósforo con Ronozyme P demostraron que no hubo diferencias en los indicadores productivos. Sin embargo, el efecto en reducción del costo de la dieta fue importante para la integración (Keshavarz, K. & Autic, R. 2004).

2.4. METABOLISMO MINERAL

2.4.1. Determinación de la retención de fósforo en huesos

Aproximadamente un 80% del fósforo se retiene en los huesos. Como consecuencia, los datos óseos son ampliamente utilizados como indicadores de la disponibilidad del fósforo. En aves, la tibia y dedos de los pies son usados a menudo con este propósito. Los huesos se analizan en cuanto a su contenido en cenizas, y a veces también por su concentración en fósforo y calcio. Criterios indirectos tales como resistencia a la rotura, densidad, etc. son también utilizados (Shastak, Y. *et al.* 2011).

Aunque los huesos pueden mostrar diferencias en la respuesta a diferentes fuentes de fósforo, no pueden utilizarse directamente como medida de la disponibilidad del fósforo. Recientemente se ha intentado comparar los resultados de determinaciones en huesos con los de estudios de retención a través de un meta-análisis. Las correlaciones entre respuestas obtenidas a partir del contenido en cenizas en dedos del pie y tibia, e incluso de su crecimiento, con las respuestas en fósforo retenido fueron significativas, pero fueron bajas y no indicaron la existencia de una relación suficientemente elevada para recalcular la disponibilidad del fósforo a partir de los datos obtenidos en huesos. Sin embargo, la variación en las respuestas entre estudios individuales fue muy elevada. Se requieren nuevos trabajos para combinar diferentes aproximaciones en un solo estudio y comparar las respuestas de los animales (Rodehutscord, M. 2011).

2.4.2. Concentraciones de fósforo en sangre

La concentración de fosfato inorgánico en sangre es, en contraste a la de calcio, muy variable. Especialmente por debajo de las necesidades de fósforo, la concentración fosfato inorgánico responde a diferencias en el consumo de fósforo disponible. Al realizar un estudio con suplemento con dos fuentes diferentes de fósforo mineral una ración basal pobre en fósforo, observó una respuesta lineal tanto en fósforo en la tibia como en fosfato inorgánico. La relación de pendientes para los dos suplementos de P fue similar en ambos casos. Sin embargo, no es posible concluir todavía que el nivel de fósforo en sangre pueda ser utilizado para estimar la disponibilidad del fósforo (Rodehutscord, M. 2011).

2.5. EXPERIENCIAS DESARROLLADAS EN AVES CON EL USO DE FITASAS

Ravindran, V. *et al.* (1999), observaron aumento en la digestibilidad ileal de la proteína bruta y de la energía de 2,4 y 3,9 %, respectivamente, en raciones de maíz/torta de soja suplementadas con fitasa.

Namkung, H. & Leeson, S. (1999), demostraron un efecto positivo de cerca del 2%, con la suplementación de fitasa (1200 UI/kg) en la digestibilidad de la

proteína y de aminoácidos totales en pollitos de engorde. Estos autores también cuantificaron el efecto de la fitasa en el contenido de energía metabolizable aparente (EMA) en una dieta típica de maíz-soya para pollos y hallaron que la suplementación con 1200 UF aumentó el contenido en EMA de 11,87 MJ/kg a 12,15 MJ/kg en el grupo suplementado.

La eficacia de las fitasas comerciales ha permitido una mejora en la digestibilidad del fósforo fítico en las aves desde 35 hasta alrededor del 60 %, con la consiguiente reducción en la concentración de fósforo en las excretas y, por tanto, una mejora en la mineralización de los huesos (Ahmad, X. *et al.* 2000).

En un ensayo de digestibilidad con dietas semi sintéticas, Ravindran, V. *et al.* (1999), observaron mejora significativa en la digestibilidad ileal de proteína y aminoácidos de pollos de ceba por la adición de la fitasa. Según estos autores, los ingredientes que naturalmente presentan baja digestibilidad ileal muestran las mejores respuestas a la adición de la enzima.

La adición de la enzima microbiana a la ración deficiente en fósforo disponible, produjo una mejora significativa en el crecimiento de las aves, estas mejoras en el crecimiento observadas en las aves por la acción de la fitasa pueden estar muy relacionadas con la liberación de minerales y oligoelementos de la molécula polianiónica del ácido fítico y por la utilización del mioinositol producto final de la defosforilación del ácido fítico. Igualmente este efecto pudo ser debido a un incremento en la digestibilidad del almidón o a un aumento en la digestibilidad de los aminoácidos de la ración (Selle, P. *et al.* 2000).

Sebastian, S. *et al.* (2002), indican que la administración de una ración deficiente en fósforo disponible tiene un efecto negativo sobre los índices productivos. La incapacidad de las aves para utilizar el fósforo fítico es muy clara y también se refleja en una menor concentración de fósforo plasmático y en una reducida mineralización de los huesos relacionado con la concentración de cenizas óseas, además, señalaron que pollitos alimentados con raciones de maíz-soya y 600 U de fitasa/kg, tuvieron desempeño semejante y mayor retención de P, Ca, Cu y Zn, con respecto a los pollitos que no recibieron la enzima.

Godoy, S. *et al.*, (2002), señalan que para mejorar la utilización del fósforo fítico presente en granos de cereales, se determinó el efecto de incorporar fitasas exógenas en dietas a base de maíz-soya en pollos de engorde, en las que se incluyeron niveles crecientes de fitasas sintéticas de *Aspergillus niger* (0, 300, 400 y 500 U/Kg), con niveles crecientes de fósforo total (0,45; 0,55 y 0,65%), además contenían harina de soya, aceite vegetal, vitaminas y minerales resultando isoproteicas (24% PC), isocalóricas (3100 kcal EM/kg) con un nivel constante de calcio de 1%. La suplementación de fitasa incremento la ganancia de peso, el consumo de alimento y las cenizas del hueso, cuando se comparó con la dieta sin fitasa. Los mejores resultados de este experimento alcanzaron con dietas con 0,65 % de fósforo total y 500 U/Kg de Fitasa con aves que presentaron pesos a la cuarta semana de 1,10 kg, consumos de 1,89, conversión alimenticia de 1,35 y un contenido de fósforo en el hueso de 17,63 %. Además, la suplementación con fitasas, aumentan la absorción de los nutrientes en el tracto intestinal del ave, debido a que favorecen la actividad bacteriana y la producción de ácidos grasos volátiles (buche, intestino delgado y ciego), con aumento de la tamaño de la vellosidad intestinal, pero no existen mejoras en los índices de conversión, pues, si bien hay mayor crecimiento corporal al utilizar fitasas, los consumos también aumentan.

Lan, G. *et al.* (2002), realizaron un experimento con el objetivo de determinar la eficacia de la inclusión, en la dieta de pollos de ceba, de cultivos activos de la bacteria productora de fitasa *Mitsuokella Jalaludinn*. Los tratamientos consistieron en una dieta control negativo baja en fósforo disponible (0,24 y 0,23% en fases de inicio y terminación, respectivamente), cuatro dietas bajas en fósforo disponible con adiciones de AMJC (equivalentes a 250, 500, 750 y 1000 UFT/kg) y una dieta control positivo (0,46% y 0,35% de fósforo disponible en la aludidas fases).

La suplementación con el cultivo de microorganismo de *Mitsuokella Jalaludinn* mejoró la ganancia, consumo y conversión, en comparación con el control negativo y logró resultados similares al control positivo La suplementación con fitasa aumentó la digestibilidad de la MS y la proteína y aumentó la retención de P, Ca y Cu.

Driver, J. *et al.* (2006), señalan que los efectos favorables de la adición de las fitasas, no sólo se pueden atribuir a la mayor disponibilidad del fósforo, sino a la mayor utilización de la energía y también influye en que la digestibilidad del almidón se incrementa, así como el metabolismo del nitrógeno y por ende, la utilización de la proteína dietética.

Cahuana, J. (2006), en la Unidad Productiva Avícola, de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la ESPOCH, evaluó en 400 pollitos parrilleros de un día de edad, el efecto de la Fitasa Microbiana Allzyme S.D. durante las etapas de cría y engorde, registrando hasta los 28 días de edad pesos de 1,10 a 1,18 kg, consumos de alimento de 1,32 kg/ave y conversiones alimenticias de 1,16 a 1,25; con mejores resultados al emplear 600 g/tn de alimento, en cambio que a los 56 días de edad mejores respuestas productivas obtuvo con 200 g/tn, por cuanto las aves registraron pesos entre 2,53 y 2,62 kg, consumo de alimento de 3,85 kg, conversiones alimenticias de 2,67 a 2,88, manteniendo este tratamiento las mejores respuestas totales (1 a 56 días de edad), ya que las ganancias de peso fueron entre 2,48 y 2,57 kg, consumo de alimento de 5,17 kg y conversiones alimenticias de 2,02 a 2,09.

Cauja, C. (2008), al evaluar 3 fuentes de fitasas y su efecto en la alimentación de pollos de engorde, en la Unidad Productiva Avícola, de la Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH, obtuvo a los 28 días de edad de las aves, pesos entre 0,94 y 1,04 kg y conversiones alimenticias de 1,54 a 1,72; de los 29 a los 49 días de edad alcanzó aves con pesos entre 2,57 y 2,62 kg, consumo de alimento de 3,26 kg y conversiones alimenticias de 2,04 a 2,28, en la evaluación total (1 a 49 días de edad), registró, ganancias de peso entre 2,53 y 2,58 kg, consumo de alimento de 4,98 kg y conversiones alimenticias de 1,91 a 1,94.

Acosta, A. (2008), al emplear dietas con bajas cantidades de fósforo disponible (Pd) determinó que el bajo nivel de Pd influye negativamente en el peso vivo y la ganancia de peso por etapa y global de los pollos de engorde, con una reducción significativa de ambos indicadores en todas las etapas cuando el Pd se redujo por debajo de 0,42 %, por lo que las mayores respuestas

productivas alcanzó con el empleo de dietas con 0,42 % de fósforo disponible, pues registró pesos de 0,643, 1,140 y 1,964 kg a los 21, 35 y 42 de edad, en su orden; ganancias de peso de 0,601 kg de 1 a 21 días, 1,393 kgs a los 35 días y 1,964 kg de 1 a 42 días, consumos de alimento para estas etapas de 0,974, 2,446 y 3,401 kg, respectivamente, al igual que sus conversiones alimenticias fueron de 1,62, 1,75 y 1,77.

En otro estudio realizado por Acosta, A. (2008), al emplear un bajo nivel en fósforo, la adición de las enzimas garantizó un comportamiento similar al de la dieta alta en fósforo, lo que parece indicar que los contenidos de fósforo disponible que se logran por la inclusión de estas fitasas (0,33% Natuphos y 0,35% Quantum) son adecuados para sustentar el óptimo comportamiento.

Este resultado, contrariamente a lo obtenido en el experimento anterior, corrobora que efectivamente las fitasas compensan los efectos negativos de la dieta deficiente en P y Ca. Sin embargo, en este caso se destaca la mejor eficiencia alimenticia con la fitasa Quantum, lo que se pudiera relacionar con la capacidad de esta enzima para garantizar no solo mayor digestibilidad de fósforo, sino también de otros nutrientes, por cuanto a los 42 días de edad, los pollos presentaron pesos 1,984 kg, ganancia total de peso de 1,942 kg, consumo de 3,008 kg/ave y una conversión alimenticia de 1,82.

Con respecto a los indicadores del metabolismo mineral, encontró que la Fosfatasa alcalina fue de 599 UI/L, el fósforo sérico de 5,14 mg/dl; el fósforo en el hueso de 18,02 % y el Calcio en el hueso de 22,32 %, valores que están dentro de los parámetros normales, ya que según Show, R. *et al.*, (2003), los mismos pueden fluctuar en Fosfatasa alcalina de 191 a 955 UI/L, el fósforo sérico de 3 a 5 mg/dl; el fósforo del hueso de 8,0 a 18,5 % y el Calcio en el hueso de 18 a 23 %.

Viveros, A. *et al.* (2010), señala que en los índices productivos de pollos broilers, a las 2 semanas de edad con la adición de la enzima microbiana a una ración deficiente de fósforo, obtuvieron ganancias de peso de 315 g, con consumos de alimento de 382 g y una conversión alimenticia de 1,22. En lo referente a los parámetros relacionados con el metabolismo del fósforo, los

resultados obtenidos fueron en el porcentaje de fósforo en el plasma $2,91 \text{ g/dl}^{-1}$, y la concentración de cenizas de la tibia de 27,10 %. Como resultado de todo ello, la eficacia de la enzima fitasa resultaría de la combinación de una mejora no sólo en la disponibilidad de los minerales, sino también de un aumento en la utilización de la energía y la proteína.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La fase experimental de esta investigación tuvo una duración de 7 meses y se realizó en el Proyecto Avícola de la Carrera de Ciencias Agropecuarias, de la Escuela Politécnica del Ejercito, ubicado en la hacienda El Prado, provincia de Pichincha.

3.1.2. Ubicación del campo experimental

Ubicación: Proyecto Avícola Carrera Ciencias de la Vida, Área de Engorde Comercial, Escuela Politécnica del Ejercito
Parroquia: Loreto
Cantón: Rumiñahui
Provincia: Pichincha

3.1.2. Condiciones meteorológicas.

Zona de vida: Bosque húmedo pre-montano bajo
Altitud: 2748 m
Latitud: 00°22' 42, 46" S
Longitud: 78°24' 57, 69" O
Temperatura media: 16,35 °C
Precipitación: 1270 mm/año
Humedad relativa: 69,03%
Concentración de oxígeno: 8 ppm
Luminosidad: 12h/luz

3.2. MATERIALES

En el presente trabajo se utilizaron los siguientes, equipos, materiales y suministros.

3.2.1. Materiales

- 280 Pollos BB machos de la línea COBB 500
- Agujas desechables
- Agujas vacutainer desechables
- Alimentos balanceados comerciales
- Bebederos tipo nipple
- Campanas de calefacción a gas
- Comederos tipo tolva
- Complejo multi vitamínico
- Fundas plásticas
- Galpón experimental
- Gradilla para tubos de ensayo
- Jeringuillas 5 ml
- Marcadores
- Micro pipetas automáticas de 1 y 1000 micro litros
- Pipetas de 10 ml
- Registros
- Software de formulación Nutrion
- Stock de vacunas (New Castle, bronquitis, gumboro)
- Termómetro láser
- Termómetros Max – Min
- Tijeras
- Tubos de ensayo de 15 ml
- Vehículo

3.2.2. Equipos

- Balanza (sensibilidad 0,1 g)
- Cámara fotográfica
- Centrifuga de tubos inclinados
- Computador
- Dosificador de líquidos (Dosatron)

- Equipo de disección
- Equipo para recepci3n
- Espectro fot3metro de absorci3n at3mica

3.2.3. Reactivos

- Desinfectantes Stock
- Enzima fitasa 5000 liquida
- Enzima fitasa 5000 solida
- Kit de diagn3stico con est3ndares preparados para determinaci3n de f3sforo
- Kit de diagn3stico para determinaci3n de fosfatasa alcalina e hidroxiprolina

3.3. M3TODOS

3.3.1. Unidades experimentales

Se utilizaron 960 pollitos de un d3a de edad de estirpe Cobb 500, con un peso promedio de 40,38 g, distribuidos en dos ensayos consecutivos (480 pollos en cada uno), con 4 tratamientos experimentales y 3 repeticiones en cada uno, siendo el tama3o de la unidad experimental de 40 aves.

3.3.2. Factores de estudio y tratamientos

Se evalu3 el efecto de dos tipos de fitasas (s3lida y liquida) y dos dosis de cada una (100 y 200 g/Tm y 50 y 100 cc/m³, respectivamente), bajo diferentes condiciones de suministro, la fitasa solida se incluy3 en la matriz de formulaci3n y se adicion3 en el proceso de mezclado; y, la l3quida fue suministrada directamente al agua de bebida. Determin3ndose su efecto en dos ensayos consecutivos.

3.3.3. Dietas alimenticias

El alimento fue elaborado en la planta de balanceados de la Carrera de Ciencias Agropecuarias, de la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE), dividida en cuatro tipos de dietas isoprotéicas, isocalóricas e isofosfóricas, que corresponden a las formulaciones y aportes nutritivos que se reportan en el anexo 1

3.3.4. Diseño experimental

Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar por la uniformidad de los pesos de los pollitos de un día de edad, y en su evaluación se consideraron dos particularidades:

En el primer momento se estima el efecto de los tipos de fitasa en dos ensayos consecutivos, por lo que se dispuso el estudio en un arreglo factorial, donde el factor A, estuvo conformado por los tipos de fitasa (sólida y líquida) y el factor B por el número de ensayo, sin considerarse su interacción; ajustándose al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij},$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = corresponde a la media general,

τ_i = efecto del i-ésimo del Factor A (Tipos de fitasa)

β_j = efecto del j-ésimo del Factor B (número de ensayos)

ε_{ij} = Efecto del error experimental aleatorio asociado con la unidad experimental

El segundo momento corresponde a la estimación del efecto de los tipos de fitasa (sólida y líquida), en diferentes dosis particulares de cada una de ellas (g/Tm y cc/m³), cada combinación conformó un tratamiento experimental que se estudiaron en los dos ensayos consecutivos, conformados por:

B1F1 = Balanceado con fitasa solida 100 g/Tm

B1F2 = Balanceado con fitasa solida 200 g/Tm.

B2FA1 = Balanceado más fitasa líquida 50 cc/m³.

B2FA2 = Balanceado más fitasa líquida 100 cc/m³.

Las unidades experimentales se distribuyeron en un arreglo combinatorio, donde el factor A, estuvo conformado por los tipos de fitasa con sus dosis y el factor B por el número de ensayo, y que para su análisis se ajustaron o al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = corresponde a la media general,

τ_i = efecto del i-ésimo del Factor A (Tipos de fitasa y dosis)

β_j = efecto del j-ésimo del Factor B (número de ensayos)

ε_{ij} = Efecto del error experimental aleatorio asociado con la unidad experimental

Los esquemas experimentales empleados se reportan en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO DE ACUERDO AL TIPO DE FITASA Y NÚMERO DE ENSAYOS.

Factor A	Factor B	Código	Repeticiones	TUE*	Aves/tratamiento
Fitasa sólida	Primer ensayo	FS1	3	40	120
Fitasa líquida	Primer ensayo	FL1	3	40	120
Fitasa sólida	Segundo ensayo	FS2	3	40	120
Fitasa líquida	Segundo ensayo	FL2	3	40	120
TOTAL AVES					480

TUE*: Tamaño de la unidad experimental, 40 aves.

Fuente: Los autores.

Cuadro 2. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA EL TIPO DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Tratamiento	Código	Repeticiones	TUE*	Aves/tratamiento
Fitasa sólida 100 g/Tm	B1F1	3	40	120
Fitasa sólida 200 g/Tm	B1F2	3	40	120
Fitasa sólida 50 cc/m ³	B2FA1	3	40	120
Fitasa sólida 100 cc/m ³	B2FA2	3	40	120
TOTAL AVES				480

TUE*: Tamaño de la unidad experimental, 40 aves.

Fuente: Los autores.

3.3.5. Mediciones experimentales

3.3.5.1. Desempeño productivo de las aves

Se evaluó a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días de edad, los siguientes parámetros:

- Peso de las aves, kg
- Ganancia de peso, kg
- Consumo de alimento, kg
- Conversión alimenticia
- Costo/kg de ganancia de peso, dólares
- Peso a la canal, %
- Rendimiento a la canal, %
- Mortalidad, %
- Índice de eficiencia

3.3.5.2. Respuesta metabólica

- Fósforo sanguíneo, mg/dl
- Fosfatasa Alcalina, U/L
- Fósforo en las heces, %
- Fósforo en los huesos (canilla), %
- Calcio en los huesos (canilla), %
- Relación calcio/fósforo

3.3.5.3. Análisis económico

- Se determinó los costos de producción y su rentabilidad a través indicador beneficio/costo.

3.3.6. Análisis estadístico

Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a:

- Análisis de varianza para las diferencias (ADEVA).
- Separación de medias por medio de la prueba de Duncan a los niveles de significancia de $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$.

Los esquemas del ADEVA empleados se reportan en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL TIPO DE FITASA Y NÚMERO DE ENSAYOS.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Tipo de fitasa	1
Nº de ensayo	1
Error	21

Fuente: Los autores.

Cuadro 4. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL TIPO DE FITASA EN VARIAS DOSIS Y NÚMERO DE ENSAYOS.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Tratamientos (tipo de fitasa y dosis)	3
Nº de ensayo	1
Error	19

Fuente: Los autores.

3.4. PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

3.4.1. Trabajo de campo

El experimento se inició previo la recepción de los pollitos BB, con la limpieza, quema de residuos orgánicos y desinfección del galpón utilizando para dicho fin un desinfectante base de amonio cuaternario (desinfectante de turno). Además se adecuó las instalaciones, se armó las jaulas y equipos para ubicar las unidades experimentales, así como se lavó y desinfectó con yodo el equipo de recepción.

Con el propósito de calentar el galpón para la recepción, se encendió 12 horas antes el sistema de calefacción, hasta llegar a una temperatura ambiente de 33 °C en el área de crianza, luego se procedió a distribuir los pollitos al azar en las jaulas de 3 m², en cada una se alojó 40 pollitos BB, no sin antes haber registrado el peso inicial, además, estas jaulas ya contaban con una provisión de agua y alimento.

El alimento suministrado durante la primera semana fue a voluntad, para posteriormente alimentar de forma controlada (restricción de alimento), desde el día 8 hasta los 42 días, en este proceso se utilizó una tabla de suministro de alimento desarrollada para ese piso altitudinal, la misma que permite evitar problemas de tipo metabólico. Se utilizó cuatro tipos de alimento:

- E1 desde el día 1 a los 7 días de edad
- E2 de los 8 a los 21 días de edad
- E3 de los 22 a los 35 días de edad, y:
- E4 de los 36 a los 42 días de edad.

Se llevó en forma semanal un registro de pesos, para luego por medio de la diferencia estimar la ganancia de peso en cada una de las etapas fisiológicas consideradas (7, 14, 21, 28, 35 y 42 días de edad).

$$\text{Ganancia de peso, g} = \frac{\text{Peso final (período)}}{\text{Peso inicial (período)}}$$

El consumo de alimento se determinó mediante la sumatoria del consumo diario del lote y dividido para el número de aves por tratamiento, realizándose esta actividad diariamente.

$$\text{Consumo de alimento, g} = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Número de aves}}$$

La conversión alimenticia se calculó de acuerdo al consumo total de alimento dividido para la ganancia de peso total en cada etapa.

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento (período)}}{\text{Ganancia de peso (período)}}$$

El costo por kg de ganancia de peso, se obtuvo por medio del consumo de alimento dividido para la ganancia de peso y multiplicado por el costo del alimento.

$$\text{Costo/kg ganancia de peso, dólares} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Ganancia de peso}} \times \text{Costo del alimento}$$

La mortalidad se calculó por la relación existente entre aves vivas con las muertas y se expresa en términos porcentuales.

$$\text{Mortalidad, \%} = \frac{\text{Aves muertas}}{\text{Aves vivas}} \times 100$$

El análisis económico se realizó por medio del indicador Beneficio/costo, en el que se consideran los gastos realizados (Egresos) y los ingresos totales que corresponden a la venta de las canales al peso y de la pollinaza, respondiendo al siguiente propuesto:

$$\text{B/C} = \frac{\text{Ingresos totales (dólares)}}{\text{Egresos totales (dólares)}}$$

3.4.2. Programa sanitario

El programa sanitario empleado estuvo orientado a controlar en lo posible el desafío de campo, puesto que las aves están constantemente amenazadas por enfermedades infectocontagiosas clasificadas como enzoóticas y exóticas, lo cual se previno aplicando un programa de bioseguridad adecuado.

Se aplicó un programa de inmunización contra las tres principales enfermedades como son: Newcastle, Bronquitis infecciosa y enfermedad infecciosa de la bolsa de Fabricio a los días 7, 14 y 18 del ciclo productivo, con cepas de virus vivos, para lo cual se aplicó el protocolo de vacunación vigente.

3.4.3. Determinación del metabolismo mineral

Al final de cada ensayo, se tomó muestras de sangre mediante punción alar en la vena humeral en aves, de cada repetición de los tratamientos para la determinación de fósforo sérico y fosfatasa alcalina (FA), las mismas que se enviaron al laboratorio de bromatología del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP y a la Escuela Politécnica del Chimborazo, Facultad de de Ciencias Pecuarias. Las técnicas que emplearon fueron AOAC 2000 (Association of Official Analytical Chemist 2000); y un kit comercial para fosfatasa alcalina (CENTIS DIAGNÓSTICO, código 1 0011 31).

En la determinación del contenido del fósforo en la tibia; el muslo se removió y se extrajo el hueso izquierdo; la grasa adherida a los huesos se eliminó al sumergirlos en acetona por 24 horas. El hueso seco libre de grasa se incineró en una estufa a 550 °C por 48 horas. A éstos se les determinó su contenido de Ca y P según el procedimiento AOAC 2000, que se adjunta en el Anexo 2, teniendo el mismo principio para la determinación del contenido de fósforo en las heces.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA

4.1.1. Pesos

En el cuadro 5, se reporta el desempeño productivo de los pesos de los pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto de los tipos de fitasa empleados y de acuerdo al número de ensayo.

Cuadro 5. COMPORTAMIENTO DE LOS PESOS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Pesos	Tipo de fitasa			Número de ensayo		
	Sólida	Líquida	Prob.	Primero	Segundo	Prob.
Inicial, g	40,50 a	40,25 a	0,574	40,17 a	40,58 a	0,353
A los 7 días, kg	0,16 a	0,16 a	0,133	0,15 b	0,17 a	0,003
A los 14 días, kg	0,39 a	0,41 a	0,163	0,36 b	0,44 a	0,000
A los 21 días, kg	0,72 a	0,74 a	0,381	0,79 a	0,62 a	0,000
A los 28 días, kg	1,17 a	1,14 a	0,065	1,15 a	1,16 a	0,430
A los 35 días, kg	1,65 a	1,71 a	0,061	1,64 b	1,71 a	0,042
A los 42 días, kg	2,42 a	2,35 b	0,042*	2,37 a	2,40 a	0,310

Prob.: Probabilidad

> 0,05: No existen diferencias estadísticas.

< 0,05: Existen diferencias significativas.

< 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

Al iniciar la investigación los pollitos de un día de edad tuvieron un peso promedio de 40,38 g, con variaciones entre 40,25 y 40,50 g.

Los pesos entre los 7 y 35 días de edad no registran diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de los tipos de fitasas empleadas, aunque numéricamente hasta los 21 días de edad, el empleo de la fitasa líquida produjo resultados ligeramente superiores que la fitasa sólida, por cuanto a los 14 días los pesos registrados fueron de 0,39 a 0,41 kg, y a los 21 días de edad de 0,72 a 0,74 kg.

A partir de los 28 días de edad existe una alterabilidad de resultados, ya que a esta edad la fitasa sólida propició mejores respuestas (1,17 kg frente a 1,14 kg), pero a los 35 días de edad prevalecen los pesos de los pollos que recibieron fitasa líquida, con 1,71 kg frente a 1,65 kg alcanzados con el empleo de fitasa sólida.

A los 42 días de edad, se registraron diferencias significativas ($P < 0,05$), entre los pesos obtenidos, observándose mejores respuestas en los animales que recibieron la fitasa sólida, a diferencia de los que recibieron la fitasa líquida, por cuanto los pesos determinados fueron de 2,42 y 2,35 kg, respectivamente.

En el gráfico 1, se representa el desempeño de los pesos periódicos por efecto de los tipos de fitasa, donde se observa que los pollos que recibieron los dos tipos de fitasa presentan similar comportamiento, con una ligera superioridad de la fitasa sólida al final del estudio.

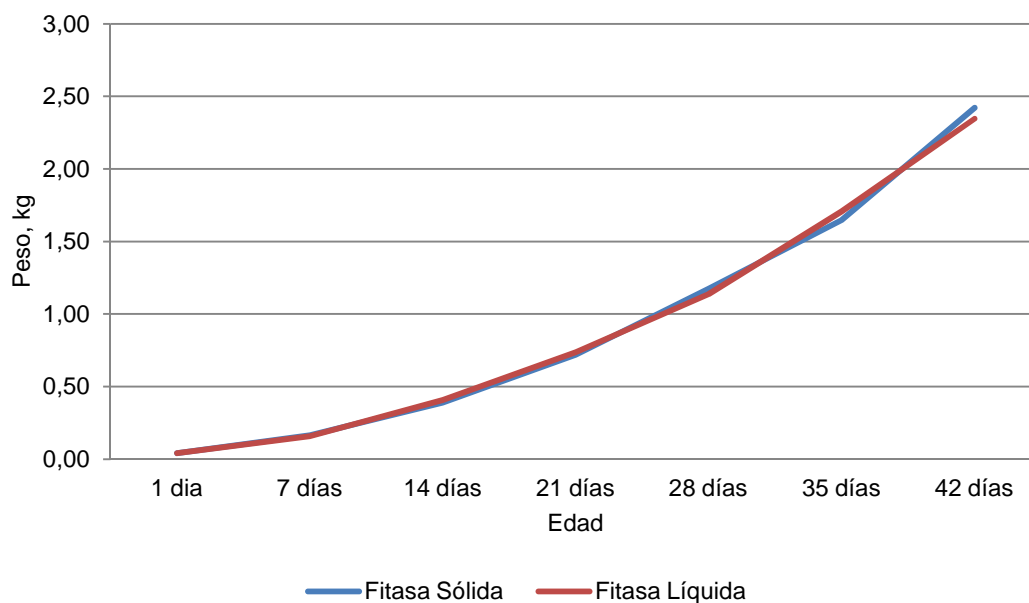


Gráfico 1. Comportamiento de peso (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa (sólida en el balanceado y líquida en el agua de bebida).

Por efecto del número de ensayos (cuadro 5), el comportamiento de los pesos de los pollos varió considerablemente, pues se registran diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre las medias de los pesos periódicos a los 7, 14 y 21 días.

A los 35 días de edad sus diferencias fueron solamente significativas ($P < 0,05$), prevaleciendo las respuestas del segundo ensayo, en cambio que a los 42 días de edad, no se observaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) en los pesos (ver gráfico 2).

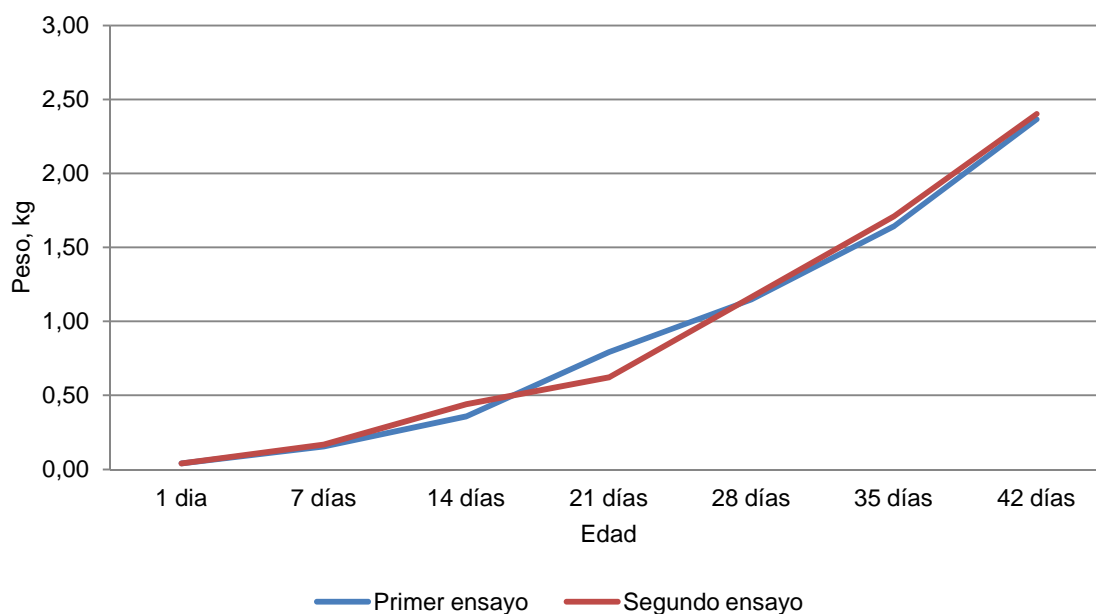


Gráfico 2. Comportamiento de peso (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos, que recibieron diferentes tipos de fitasa.

Este comportamiento se debe posiblemente a que durante el primer ensayo las condiciones climáticas variaron ampliamente, con heladas frecuentes, bajas muy marcadas de temperatura en las mañanas, lo que no permitía tener un control adecuado del microclima a pesar de los esfuerzos realizados, por lo que en la réplica se tomaron las precauciones necesarias y se logró reducir al mínimo el impacto ambiental.

Los resultados de los pesos corporales hasta los 28 días de edad se mantienen dentro de los pesos recomendados ^[2], que estable como metas a nivel de la sierra ecuatoriana pesos de 0,16, 0,39, 0,72 y 1,12 kg a los 7, 14, 21 y 28 días de edad, respectivamente; en cambio las respuestas alcanzadas a los 35 y 42 días de edad (1,71 y 2,40 kg, en su orden), superan a los valores referenciales que sugiere pesos de 1,57 y 2,21 kg, respectivamente, lo que denota que con el

² Bioalimentar.com.ec. (2011)

empleo de la fitasa cual fuere su presentación, produce un efecto favorable en el desempeño productivo de los pollos parrilleros.

4.1.2. Ganancias de pesos

Las ganancias de peso acumuladas de los pollos de engorde en los diferentes períodos de evaluación (cuadro 6), no fueron diferentes estadísticamente ($P>0,05$), hasta los 35 días de edad, pero a los 42 días, con la fitasa sólida los animales presentaron mayores incrementos que los que recibieron la fitasa líquida (ver gráfico 3), por cuanto las ganancias de peso totales fueron de 2,38 y 2,31 kg, respectivamente, existiendo entre estos valores diferencias significativas ($P<0,05$).

Cuadro 6. COMPORTAMIENTO DE LAS GANANCIAS DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LÍQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Ganancia de peso	Tipo de fitasa			Número de ensayo		
	Sólida	Líquida	Prob.	Primero	Segundo	Prob.
A los 7 días, kg	0,12 a	0,12 a	0,114	0,11 b	0,13 a	0,002
A los 14 días, kg	0,35 a	0,37 a	0,152	0,32 b	0,40 a	0,000
A los 21 días, kg	0,68 a	0,70 a	0,370	0,75 a	0,62 b	0,000
A los 28 días, kg	1,13 a	1,10 a	0,065	1,11 a	1,12 a	0,440
A los 35 días, kg	1,61 a	1,67 a	0,059	1,60 b	1,67 a	0,043
A los 42 días, kg	2,38 a	2,31 b	0,041	2,33 a	2,33 a	0,314

Prob.: Probabilidad

> 0,05: No existen diferencias estadísticas.

< 0,05: Existen diferencias significativas.

< 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

Las respuestas alcanzadas en los dos ensayos realizados (ver cuadro 6, gráfico 4), registran diferencias altamente significativas ($P<0,01$), entre las ganancias de pesos a los 7, 14 y 21 días; pero a los 28 días los incrementos de peso no difieren estadísticamente ($P>0,05$), registrándose nuevamente a los 35 días de edad diferencias significativas ($P<0,05$).

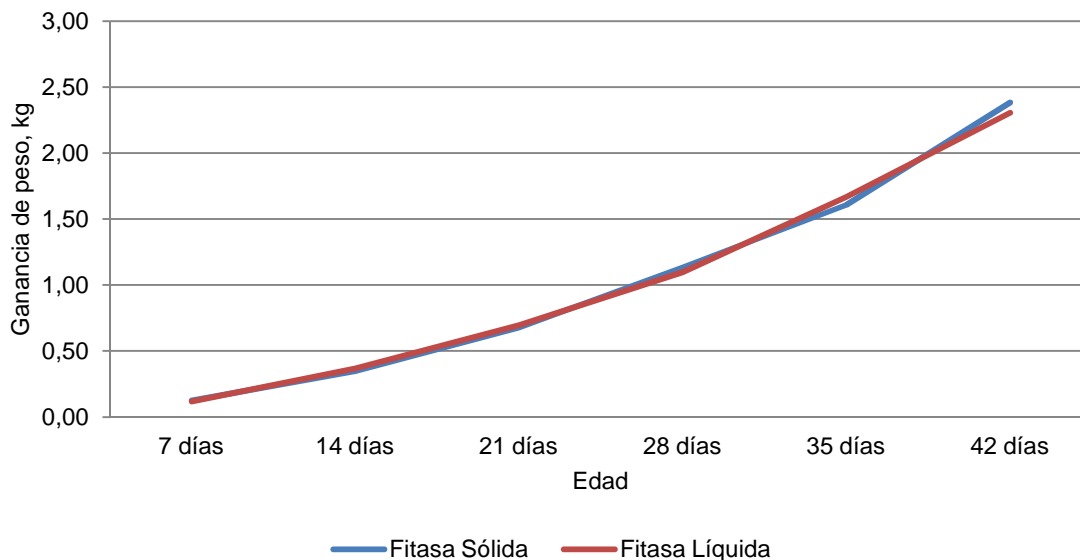


Gráfico 3. Comportamiento de las ganancias de pesos (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos de tipos fitasa.

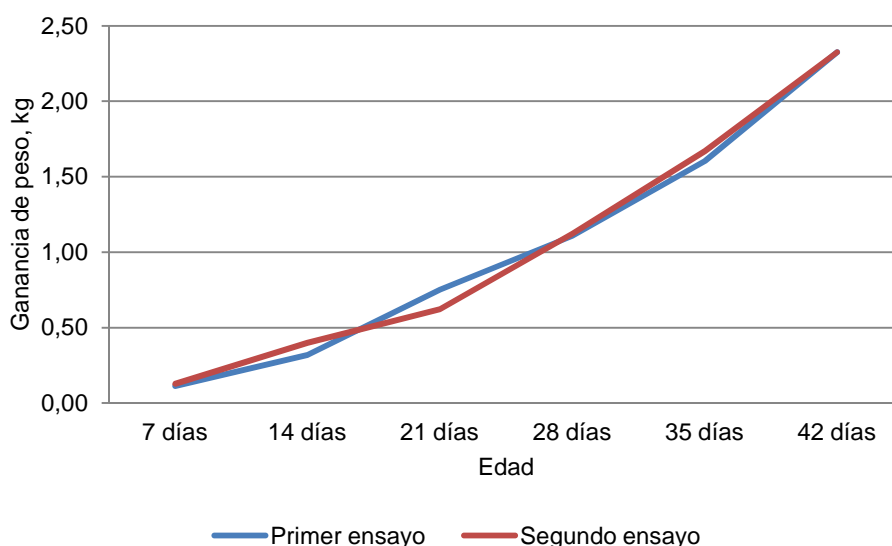


Gráfico 4. Comportamiento de las ganancias de peso (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa.

Al final del estudio (a los 42 días de edad), las ganancias de peso totales no presentan diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por cuanto en ambos casos los incrementos de peso fueron de 2,33 kg.

Tomando como referencia las metas propuestas por [3], que señala que los

³ Bioalimentar.com.ec. (2011)

incrementos de peso de los pollitos deben ser de 0,12, 0,35 y 0,68 kg a los 7, 14 y 21 días, en su orden, se considera que las ganancias de peso hasta los 21 días de edad, se cumplen, por cuanto en el presente trabajo se registraron respuestas de 0,11 a 0,13 kg a los 7 días de edad; de 0,32 a 0,40 kg a los 14 días, y entre 0,62 a 0,75 kg a los 21 días.

En cambio posteriores a esta edad, los incrementos de peso alcanzados superan los valores referenciales del mismo reporte [3], que son de 1,08, 1,53 y 2,17 kg a los 28, 35 y 42 días de edad, en su orden; por cuanto con el empleo de fitasa se alcanzaron incrementos de peso de 1,11 a 1,12 kg a los 28 días, de 1,60 a 1,67 kg a los 35 días y de 2,33 kg a los 42 días, notándose por tanto que el empleo de la enzima fitasa favorece el desarrollo de los animales, a partir de los 28 días de edad.

4.1.3. Consumo de alimento

Los consumos de alimento de los pollos presentaron diferencias estadísticas únicamente a los 7 días de edad (ver cuadro 7), a pesar de que sus diferencias fueron pequeñas, por cuanto se registraron consumos entre 0,14 y 0,15 kg/ave.

Cuadro 7. COMPORTAMIENTO DE LOS CONSUMOS DE ALIMENTO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LÍQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Consumo de alimento	Tipo de fitasa			Número de ensayo		
	Sólida	Líquida	Prob.	Primero	Segundo	Prob.
A los 7 días, kg	0.14 b	0.15 a	0.010	0.14 a	0.14 a	0.222
A los 14 días, kg	0.45 a	0.45 a	0.768	0.44 a	0.45 a	0.055
A los 21 días, kg	0.97 a	0.97 a	0.768	0.97 a	0.98 a	0.055
A los 28 días, kg	1.74 a	1.74 a	0.615	1.74 a	1.74 a	0.222
A los 35 días, kg	2.74 a	2.73 a	0.615	2.73 a	2.74 a	0.222
A los 42 días, kg	3.90 a	3.91 a	0.485	3.90 a	3.91 a	0.149

Prob.: Probabilidad

> 0,05: No existen diferencias estadísticas.

< 0,05: Existen diferencias significativas.

< 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

De los 14 hasta los 42 días, los consumos de alimento fueron iguales al emplearse la fitasa sólida como la líquida, por cuanto se observaron consumos de 0,45 kg a los 14 días, 0,97 kg a los 21 días, 1,74 kg a los 28 días, entre 2,73 y 2,74 kg a los 35 días y de 3,90 a 3,91 kg hasta los 42 días de edad, en el gráfico 5, se representa el consumo de alimento acumulado de los animales por efecto de los tipos de fitasa, donde se observa el mismo comportamiento para todos los grupos evaluados.

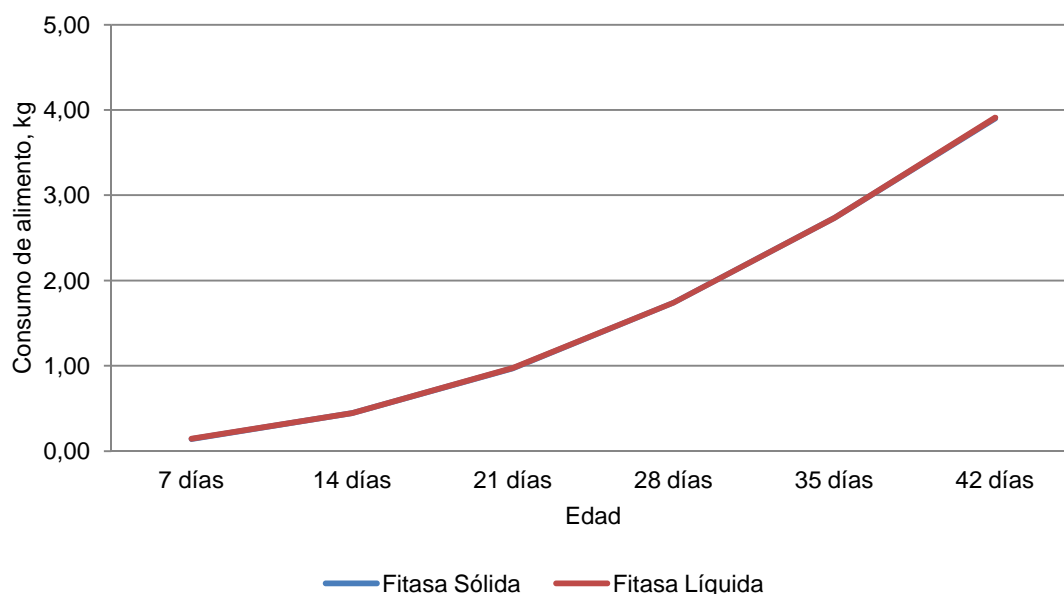


Gráfico 5. Comportamiento de los consumos de alimento (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.

Por efecto del número de ensayos, las medias determinadas no presentan diferencias estadísticas entre estas ($P > 0,05$), en los diferentes períodos de evaluación, ya que además numéricamente se consideran iguales, por cuanto se determinaron consumos acumulados de 0,14, 0,44, 0,97, 1,74, 2,74 y 3,91 kg a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días de edad, en su orden (ver cuadro 7).

Al comparar los consumos señalados con los reportados en la guía de manejo del pollo de engorde de [4] Bioalimentar.com.ec. (2011), se considera que guardan relación hasta los 21 días de edad, pero a los 35 y 42 días son superiores a los señalados en esta guía (2,55 y 3,67 kg), por cuanto se considera

⁴ Bioalimentar.com.ec. (2011)

que el consumo tienen una relación directa con el desarrollo de las aves, ya que a mayor peso mayor será el consumo de alimento, como se demostró cuando se analizó los pesos e incrementos de peso, que son superiores a los indicados en el reporte citado.

4.1.4. Conversión alimenticia

Las conversiones alimenticias de los pollos de engorde que recibieron la fitasa sólida y líquida presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), en las respuestas a los 7 y 42 días de edad, a favor del empleo de la fitasa sólida, por cuanto los valores determinados fueron de 1,14 y 1,24 a los 7 días de edad; y, de 1,64 y 1,70 a los 42 días, respectivamente (ver cuadro 8).

Cuadro 8. COMPORTAMIENTO DE LAS CONVERSIONES ALIMENTICIAS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LÍQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Conversión alimenticia	Tipo de fitasa			Ensayo		
	Sólida	Líquida	Prob.	Primero	Segundo	Prob.
A los 7 días	1.14 b	1.24 a	0.014	1.25 a	1.14 b	0.008
A los 14 días	1.31 a	1.23 a	0.091	1.41 a	1.13 b	0.000
A los 21 días	1.45 a	1.42 a	0.527	1.30 b	1.57 a	0.000
A los 28 días	1.54 a	1.59 a	0.064	1.57 a	1.56 a	0.544
A los 35 días	1.71 a	1.64 a	0.055	1.71 a	1.64 b	0.034
A los 42 días	1.64 b	1.70 a	0.027	1.68 a	1.66 a	0.394

Prob.: Probabilidad

> 0,05: No existen diferencias estadísticas.

< 0,05: Existen diferencias significativas.

< 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

En las respuestas establecidas a los 14, 21, 28 y 35 días de edad, no presentaron diferencias significativas, a pesar de que existen diferencias numéricas con alterabilidad entre tratamientos como se puede ver en el gráfico 6.

Con respecto al número de ensayos, se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre las medias determinadas a los 7, 14 y 21 días; diferencias significativas ($P < 0,05$) a los 35 días; y, sin que existan diferencias -

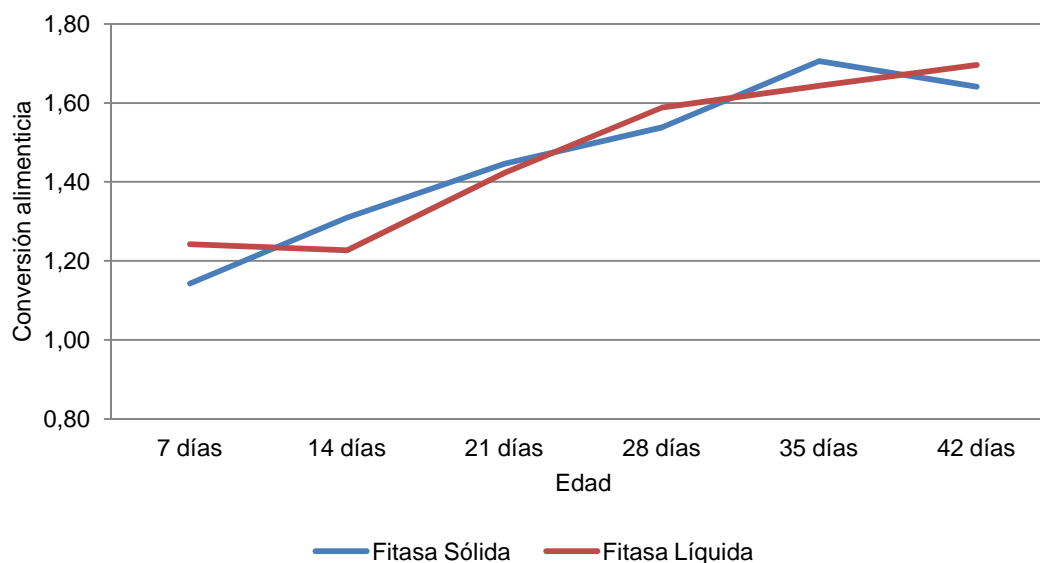


Gráfico 6. Comportamiento de la conversión alimenticia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.

estadísticas a los 28 y 42 días de edad; por lo que las respuesta no muestran un comportamiento definido (ver gráfico 7), por cuanto a los 7 y 14 días se observaron conversiones alimenticias más eficientes en el segundo ensayo (1,14 frente a 1,25 y 1,13 frente a 1,41, en su orden), a los 21 días se observó mejores resultados en el primer ensayo (1,30 frente a 1,57).

A los 28, 35 y 42 días nuevamente prevalecen las respuestas alcanzadas en el segundo ensayo con conversiones alimenticias de 1,56, 1,64 y 1,66, frente a 1,57, 1,71 y 1,68 (respectivamente), obtenidas en el primer ensayo.

A pesar de estas variaciones, los resultados obtenidos se enmarcan dentro de los reportados por [5], que establece como metas en la cría de pollos a nivel de sierra ecuatoriana conversiones alimenticias de 1,29 a los 14 días de edad, 1,57 a los 28 días, 1,56 a los 35 días y 1,66 a los 42 días de edad.

⁵ Bioalimentar.com.ec. (2011)

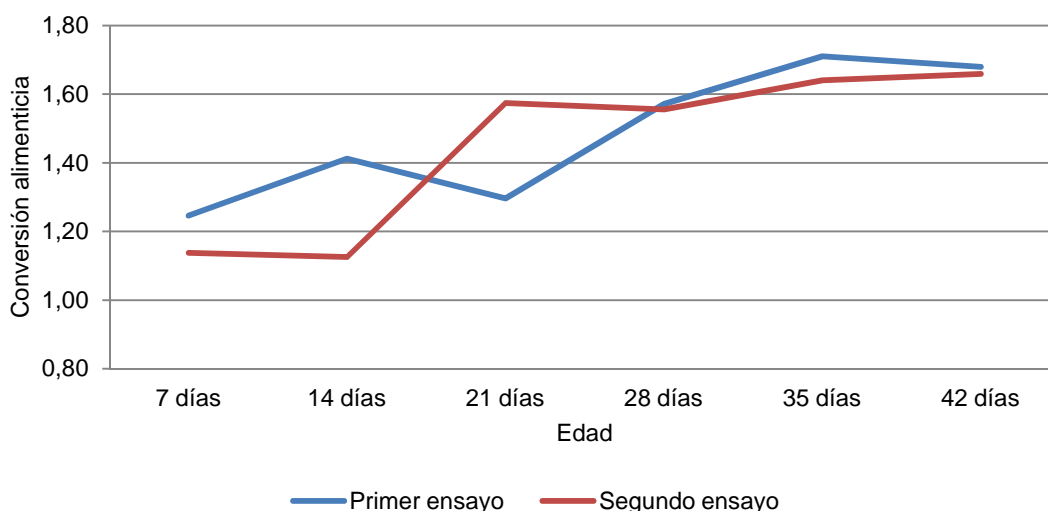


Gráfico 7. Comportamiento de la conversión alimenticia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa.

4.1.5. Costo/kg de ganancia de peso

En los costos/kg de ganancia de peso por efecto de los tipos de fitasa se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) a los 7 días de edad a favor del empleo de la fitasa sólida (0,61 frente a 0,66 dólares) y a los 35 días a favor de la fitasa líquida (0,87 frente 0,90 dólares), en cambio, las respuestas a los 14, 21, 28 y 42 días de edad, no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$), a pesar de que numéricamente presentan diferencias como se puede ver en el cuadro 9.

Cuadro 9. COMPORTAMIENTO DE LOS COSTOS/KG DE GANANCIA DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LÍQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Costo/kg gan. de peso	Tipo de fitasa			Número de ensayo		
	Sólida	Líquida	Prob.	Primero	Segundo	Prob.
A los 7 días, dólares	0.61 b	0.66 a	0.011	0.66 a	0.61 b	0.013
A los 14 días, dólares	0.70 a	0.66 a	0.158	0.75 a	0.60 b	0.000
A los 21 días, dólares	0.77 a	0.76 a	0.751	0.69 b	0.84 a	0.000
A los 28 días, dólares	0.81 a	0.84 a	0.072	0.83 a	0.82 a	0.559
A los 35 días, dólares	0.90 a	0.87 b	0.049	0.90 a	0.87 b	0.043
A los 42 días, dólares	0.87 a	0.89 a	0.101	0.88 a	0.87 a	0.450

Prob.: Probabilidad

> 0,05: No existen diferencias estadísticas.

< 0,05: Existen diferencias significativas.

< 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

Con relación al número de ensayos, los costos/kg de ganancia de peso, presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre las medias determinadas a los 14 y 21 días, diferencias significativas ($P < 0,05$) a los 7 y 35 días; y sin que existan diferencias estadísticas ($P > 0,05$) a los 28 y 42 días de edad; pero a pesar de estas variaciones estadísticas, se establece que menores costos de producción presentaron los pollos del segundo ensayo en casi todos los períodos considerados, a excepción de lo determinado a los 21 días de edad (ver gráfico 8), respuestas que pueden deberse a que se aplicó un mejor control de los factores climáticos que afectaron el desempeño productivo de los pollos en el primer ensayo.

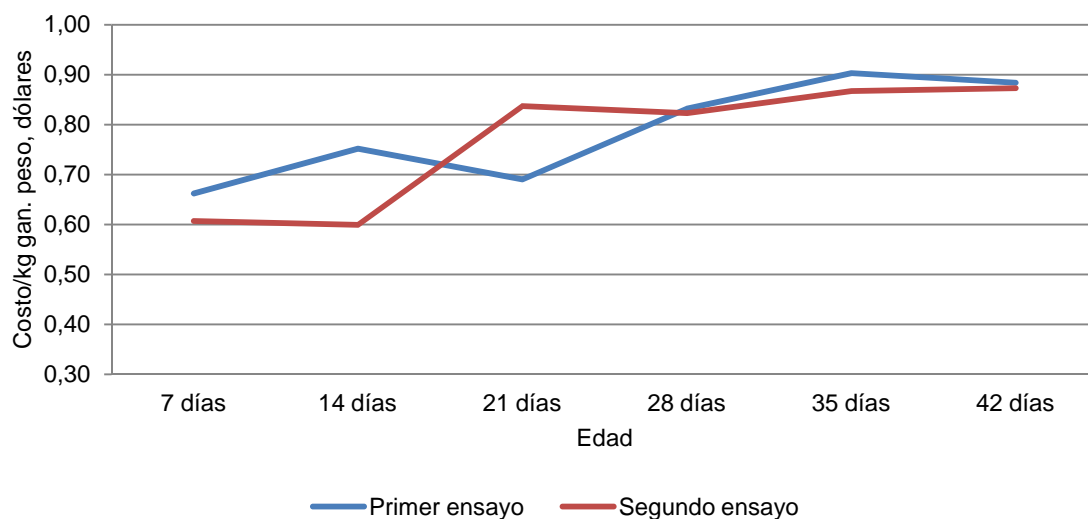


Gráfico 8. Comportamiento del costo/kg de ganancia de peso (dólares) en pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa.

4.2. DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE LOS TIPOS DE FITASA EN VARIOS NIVELES

El efecto encontrado por los tipos de fitasas en varios utilizados, sobre el desempeño productivo de los pollos de engorde hasta los 42 días de edad se resume en el cuadro 10.

Cuadro 10. COMPORTAMIENTO DE LOS PESOS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Pesos	Fitasa sólida		Fitasa Líquida		Prob.	
	100 g	200 g	50 cc	100 cc		
Inicial, g	40.17	40.83	39.83	40.67	0.530	ns
A los 7 días, kg	0.16 a	0.17 a	0.15 A	0.16 a	0.086	ns
A los 14 días, kg	0.36 c	0.42 a	0.39 B	0.43 a	0.000	**
A los 21 días, kg	0.68 c	0.76 a	0.72 B	0.75 ab	0.001	**
A los 28 días, kg	1.16 a	1.19 a	1.11 B	1.17 a	0.024	*
A los 35 días, kg	1.62 a	1.67 a	1.73 A	1.69 a	0.129	ns
A los 42 días, kg	2.33 c	2.51 a	2.30 C	2.40 ab	0.000	**

Prob.: Probabilidad

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

*: Prob. < 0,05; existen diferencias significativas.

**.: Prob. < 0,01; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

4.2.1. Pesos

Los pesos de los pollos a los 7 días de edad no presentaron diferencias estadísticas por efecto del suministro de fitasas en varios niveles, por cuanto estos estuvieron entre 0,15 y 0,17 kg, observados en los pollos que recibieron 50 cc/m³ de fitasa líquida y 200 g/tm de fitasa sólida, respectivamente.

A los 14 días se encontraron diferencias altamente significativas (P<0,01), con las mejores respuestas cuando se utilizó fitasa líquida en 100 cc/m³ y fitasa sólida 200 g/tm, con pesos de 0,43 y 0,42 kg, en su orden, mientras que con 100 g/tm de fitasa sólida se registraron los menores pesos con 0,36 kg/ave.

A los 21 días de edad, los mejores pesos (0,76 kg), se alcanzaron en los pollos que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm de alimento, seguidos por los animales que recibieron la fitasa líquida en 100 cc/m³ de agua de bebida con un peso de 0,75 kg, respuestas que presentan diferencias altamente significativas (P<0,01), con los pesos de las aves que recibieron la fitasa sólida en la cantidad de 100 g/tm, que fueron las aves que presentaron las menores respuestas (0,68 kg), notándose que la fitasa sólida en 200 g/tm de alimento favorece el desarrollo de los animales.

A los 28 días de edad, las diferencias estadísticas encontradas fueron significativas ($P < 0,05$), por cuanto con el empleo de fitasa líquida en 50 cc/m^3 , se registró las menores respuestas (1,11 kg), en cambio con los otros tratamientos: fitasa sólida en los niveles 100 y 200 g/tm y la fitasa líquida 100 cc/m^3 , los pesos determinados de las aves fueron de 1,16, 1,19 y 1,17 kg, respectivamente, que estadísticamente son iguales, aunque numéricamente mejores respuestas se encontró con el empleo de la fitasa sólida en el nivel 200 g/tm (ver gráfico 9).

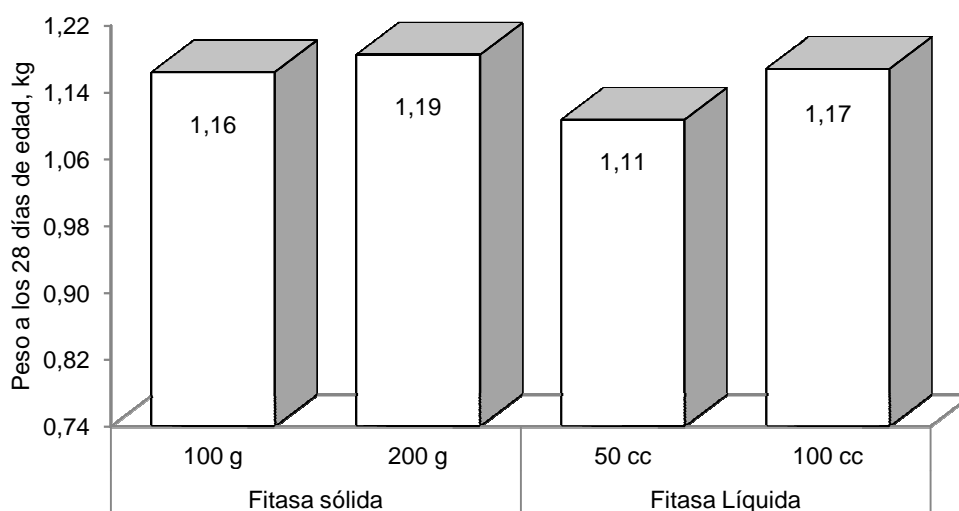


Gráfico 9. Peso a los 28 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

Los valores mencionados son más altos que los reportados por [6], que indica que a los 28 días de edad, la meta propuesta del peso de los pollos de engorde es de 1,12 kg, también son superiores respecto al trabajo de Godoy, S. *et al.*, (2002), quienes señalan que para mejorar la utilización del fósforo fítico añadieron enzimas exógenas, y alcanzaron con dietas con 0,65 % de fósforo más fitasas, pesos de 1,10 kg, indicando además, que con la fitasa aumenta la absorción de los nutrientes en el tracto intestinal del ave, favorecen la actividad bacteriana y la producción de ácidos grasos volátiles.

A los 35 días los pesos de los pollos no registraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de las fitasas empleadas en varios niveles, aunque en este período numéricamente el empleo de fitasa líquida en 50 cc/m^3 produjo los

⁶ Bioalimentar.com.ec. (2011)

resultados más altos (1,73 kg), en tanto que en los otros grupos los pesos fluctuaron entre 1,62 y 1,69, que corresponde a los pollos que recibieron la fitasa sólida en 100 g/tm y la fitasa líquida en 100 cc/m³, en su orden, valores que son más altos que los reportados por valores mencionados son más altos que los reportados en la guía de manejo de [7] que señala que los pollos a los 35 días de edad, deben alcanzar 1,57 kg de peso, por lo tanto se considera que con el empleo de la fitasa sea sólida o líquida se superó el valor referencial indicado.

A los 42 días de edad de los pollos presentaron pesos que registran diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), por empleo de las fitasas en diferentes dosis, alcanzándose la mejor respuesta en los animales que recibieron la fitasa sólida en 200 g/tm, que registraron un peso de 2,51 kg, similar comportamiento se observó con el empleo de la fitasa líquida en 100 cc/m³, que presentaron pesos de 2,40 kg.

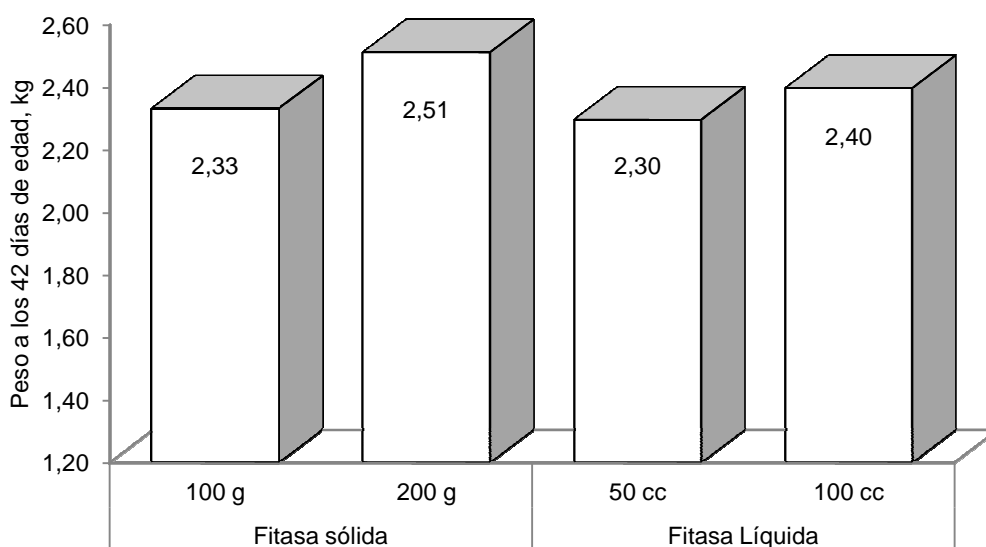


Gráfico 10.g Peso a los 42 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

En cambio, menores respuestas se observaron en los pollos que recibieron las fitasas en menores cantidades como son con 100 g/tm y 50 cc/m³, por cuanto los pesos determinados fueron de 2,33 y 2,30 kg, respectivamente (ver gráfico 10), notándose que en los pollos de engorde mejores pesos finales se registraron

⁷ Bioalimentar.com.ec. (2011)

cuando se utilizó los mayores niveles de las enzimas, lo que concuerda con Acosta, A. (2008), quien destaca que la fitasa no solo garantiza una mayor digestibilidad del fósforo, sino también de otros nutrientes contenidos en las dietas, a pesar de que en su investigación al utilizar la fitasa Quantum registró en pollos de 42 días de edad pesos de 1,984 kg, por lo tanto los pesos alcanzados en el presente trabajo son superiores al valor citado, como también se supera el peso referencial indicado en [8] que señala que los pollos de 42 días deben presentar un peso de 2,21 kg.

En el gráfico 11, se representa el desempeño de los pesos periódicos por efecto de las fitasas en varios niveles, donde se observa que los pollos presentan similar comportamiento, con una ligera superioridad cuando recibieron la fitasa sólida en 200 g/tm.

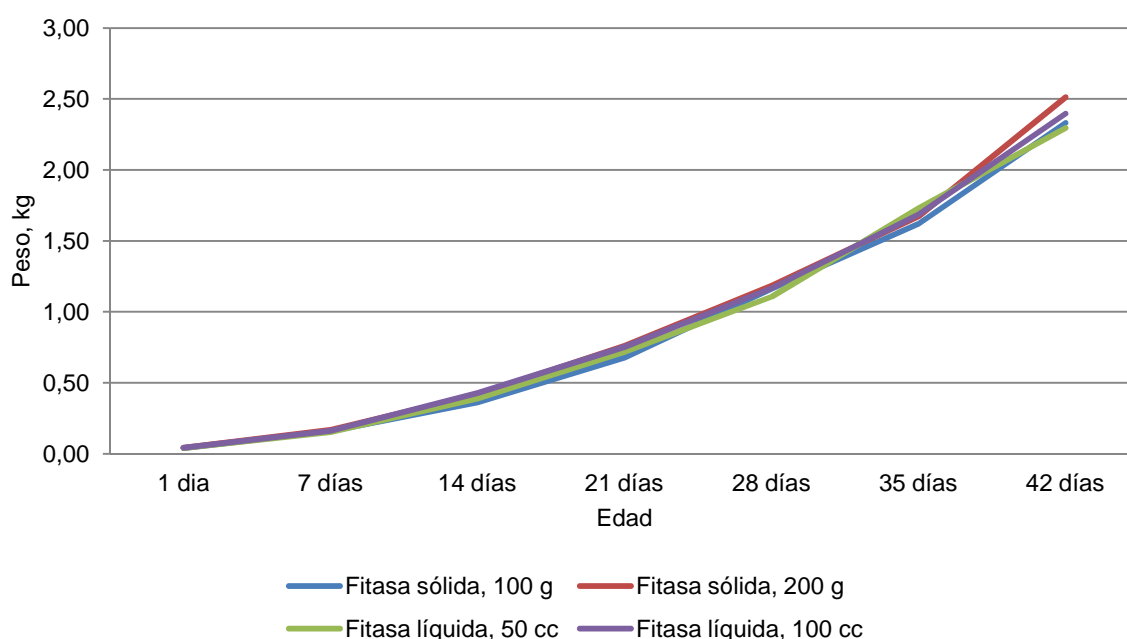


Gráfico 11. Comportamiento de los pesos (kg) de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa en varias dosis.

4.2.2. Ganancias de pesos

Las respuestas de las ganancias de peso de los pollos de engorde en los

⁸ Bioalimentar.com.ec. (2011)

diferentes períodos de evaluación por efecto de las fitasas en varios niveles, se reportan en el cuadro 11.

Cuadro 11. COMPORTAMIENTO DE LAS GANANCIAS DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Ganancia de peso	Fitasa sólida		Fitasa Líquida		Prob.	
	100 g	200 g	50 cc	100 cc		
A los 7 días, kg	0.12	0.13	0.11	0.12	0.077	ns
A los 14 días, kg	0.32 c	0.38 a	0.35 b	0.39 a	0.000	**
A los 21 días, kg	0.64 c	0.72 a	0.68 b	0.71 ab	0.001	**
A los 28 días, kg	1.12 a	1.14 a	1.07 b	1.27 a	0.026	*
A los 35 días, kg	1.58	1.63	1.69	1.65	0.127	ns
A los 42 días, kg	2.29 c	2.47 a	2.26 c	2.36 b	0.000	**

Prob.: Probabilidad

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

*: Prob. < 0,05; existen diferencias significativas.

** : Prob. < 0,01; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

A los 7 días de edad, los incrementos de peso de los pollos no fueron diferentes estadísticamente ($P > 0,05$), por efecto de las fitasas en varios niveles, por cuanto se registraron ganancias de peso entre 0,11 y 0,13 kg, observados en los animales que recibieron fitasa líquida 50 cc/m³ y fitasa sólida 200 g/tm, en su orden.

A los 14 días se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de las fitasas en varias dosis, obteniéndose las mejores respuestas cuando se utilizaron la fitasa sólida en 200 g/tm y la fitasa líquida en 100 cc/m³, con incrementos de peso de 0,38 y 0,39 kg, respetivamente, a diferencia del empleo de la fitasa sólida en 100 g/tm y la fitasa líquida en 50 cc/m³, que produjeron menores incrementos de peso y que fueron de 0,32 y 0,35 kg, en su orden.

A los 21 días de edad, los incrementos de peso presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre las medias establecidas por efecto de las fitasas en varios niveles empleados, registrándose los mayores incrementos de

peso (0,72 kg), en los pollos que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm de alimento, a diferencia del empleo de la misma fitasa pero en niveles de 100 g/tm, que propició los menores incrementos de peso (0,64 kg), en tanto que al emplearse la fitasa líquida en niveles de 50 y 100 cc/m³, se observaron respuestas de 0,68 y 0,71 kg, respectivamente, por lo que se confirma que los pollos presentan un mejor desempeño cuando se utiliza la fitasa sólida en 200 g/tm de alimento.

A los 28 días de edad, las diferencias estadísticas encontradas fueron significativas ($P < 0,05$), entre el incremento de peso registrado con el empleo de la fitasa líquida en 50 cc/m³, frente a las respuestas observadas con el empleo de la fitasa sólida en los niveles 100 y 200 g/tm y la fitasa líquida 100 cc/m³, por cuanto con el primer tratamiento citado se registró las menores respuestas (1,07 kg), en cambio con los otros tratamientos los incrementos de peso fueron mayores y estos variaron entre 1,12 y 1,27 kg, siendo la más alta numéricamente con el empleo de la fitasa líquida en 100 cc/m³ (ver gráfico 12).

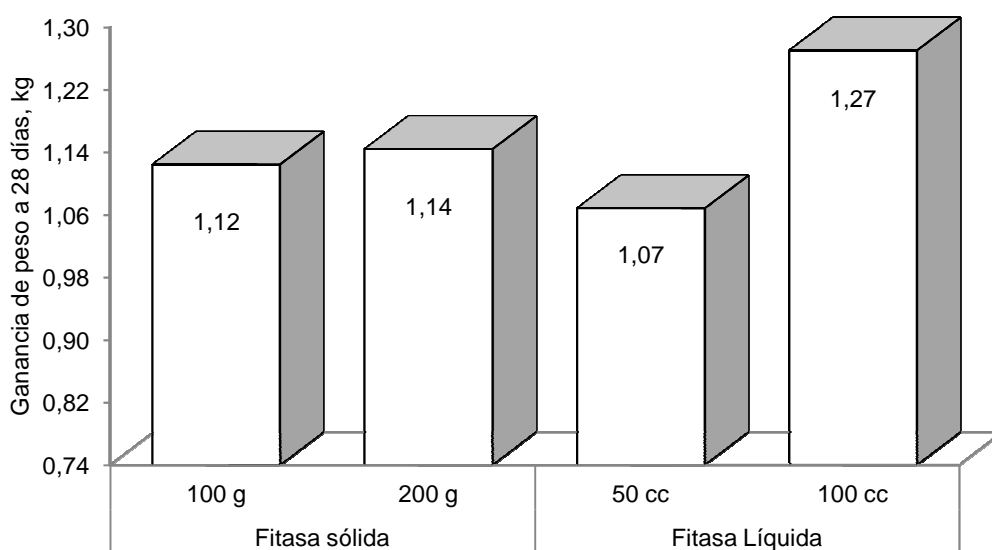


Gráfico 12. Ganancia de peso a los 28 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

Los valores mencionados son más altos que los reportados en la guía de manejo de ⁹, que indica que a los 28 días de edad, el incremento de peso deben ser de 1,08 kg; también son superiores con respecto al trabajo de Godoy, S. *et al.*

⁹ Bioalimentar.com.ec. (2011)

(2002), quienes obtuvieron incrementos de peso al finalizar la cuarta semana de edad de 1,06 kg, con el empleo de enzimas exógenas para mejorar la utilización del fósforo fítico y mejorar la digestibilidad de las dietas.

A los 35 días de edad, los incrementos de peso no fueron diferentes estadísticamente ($P>0,05$), a pesar de que numéricamente se evidencian diferencias, ya que cuando se empleó la fitasa líquida en 50 cc/m³ se alcanzó incrementos de peso de 1,69 kg, pero con la utilización de la fitasa sólida en 100 g/tm se registraron incrementos de peso de 1,58 kg, que son los casos extremos.

Los pollos a los 42 días de edad, presentaron la mejor respuesta cuando se utilizó la fitasa sólida en 200 g/tm, con un incremento de peso de 2,47 kg, que presenta diferencias altamente significativas ($P<0,05$), con las medias de los tratamientos evaluados, por cuanto al utilizarse la fitasa líquida en 100 cc/m³, se consiguieron incrementos de peso de 2,36 kg; y cuando recibieron las fitasas en menores cantidades (100 g/tm y 50 cc/m³), las ganancias de peso también fueron menores con valores entre 2,26 y 2,29 kg (ver gráfico 13).

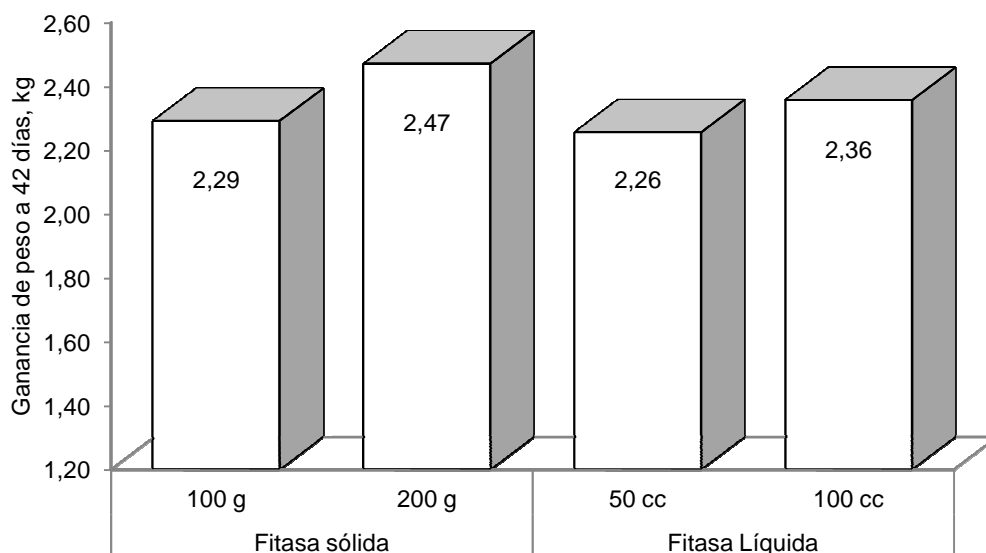


Gráfico 13. Ganancia de peso a los 42 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

En base a estos resultados, se confirma lo reportado por Selle, P. *et al.*, (2000), quienes indican que la adición de la fitasa a la ración, se produce una mejora significativa en el crecimiento de las aves, porque actúa en la liberación de

minerales (Ca, P, Mg) y oligoelementos (Zn, Fe, Cu) del ácido fólico, así como con el incremento en la digestibilidad del almidón o a un aumento en la digestibilidad de los aminoácidos de la ración.

Los incrementos de pesos alcanzados son superiores a los reportados por Acosta, A. (2008), quien indica que al utilizar fitasa Quantum en la dieta para pollos de engorde, registró a los 42 días de edad ganancias de peso de 1,94 kg, como también se supera el valor referencial señalado en [10], que indica que los pollos de 42 días deben presentar incrementos de peso de 2,17 kg.

4.2.3. Consumo de alimento

Los consumos de alimento acumulados que se reportan en el cuadro 20, presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), en todos los períodos de evaluación, por efecto del empleo de fitasas en varios niveles.

Cuadro 12. COMPORTAMIENTO DE LOS CONSUMOS DE ALIMENTO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Consumo de alimento	Fitasa sólida		Fitasa Líquida		Prob.	
	100 g	200 g	50 cc	100 cc		
A los 7 días, kg	0.139 b	0.141 b	0.141 b	0.149 a	0.000	**
A los 14 días, kg	0.441 b	0.449 a	0.441 b	0.451 a	0.001	**
A los 21 días, kg	0.968 b	0.976 a	0.968 b	0.978 a	0.001	**
A los 28 días, kg	1.737 b	1.745 a	1.735 b	1.745 a	0.000	**
A los 35 días, kg	2.731 b	2.739 a	2.729 b	2.739 a	0.000	**
A los 42 días, kg	3.887 b	3.921 a	3.906 a	3.912 a	0.002	**

Prob.: Probabilidad

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

*: Prob. < 0,05; existen diferencias significativas.

**.: Prob. < 0,01; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

A los 7 días de edad, el mayor consumo de alimento (0,149 kg), presentaron los pollitos que recibieron la fitasa líquida en 100 cc/m³, que estadísticamente es diferente ($P < 0,01$), con respecto a los consumos

¹⁰Bioalimentar.com.ec. (2011)

determinados en los otros grupos evaluados, los mismos que variaron entre 0,139 y 0,141 kg de alimento.

De los 14 a los 35 días de edad, se observó que los animales que mayor cantidad de alimento consumieron fueron los que recibieron las fitasas con los altos niveles empleados en cada grupo, es decir, los que recibieron la fitasa sólida en 200 g/tm y la fitasa líquida en 100 cc/m³, que difieren estadísticamente ($P < 0,01$), con los grupos estudiados; por cuanto los consumos determinados manteniendo el orden de los tratamientos indicados fueron: a los 14 días 0,449 y 0,451 kg, a los 21 días 0,976 y 0,978 kg, a los 28 días 1,745 Kg y a los 35 días de edad 2,739 kg, en ambos grupos.

En cambio, los menores consumos presentaron los pollos que recibieron la fitasa sólida en 100 g/tm y la fitasa líquida en 50 cc/m³, los mismos que de acuerdo a cada período fueron de: 0,441 kg a los 14 días de edad, 0,968 kg a los 21 días, entre 1,735 y 1,737 kg a los 28 días y entre 2,729 y 2,731 kg hasta los 35 días de edad, pudiendo indicarse que estos consumos a más del tipo de fitasa y niveles empleados, están supeditados al desarrollo corporal alcanzado por los animales, ya que cuando mayor es el peso o incremento de peso de los animales, estos requieren de mayor cantidad de alimento para cubrir sus requerimientos nutritivos, como es el caso de los animales que recibieron la fitasa sólida en 200 g/tm y la fitasa líquida en 100 cc/m³, que presentan los mayores pesos corporales y por consecuencia presentan los mayores consumos de alimento.

Los consumos acumulados hasta los 42 días de edad, en cambio presentan un comportamiento diferente que en los períodos anteriores, por cuanto los consumos totales de alimento de los animales que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm y la fitasa líquida en 50 y 100 cc/m³, presentan valores que difieren estadísticamente ($P < 0,01$), con el consumo encontrado en los animales que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm que fue de 3,887 kg, en tanto que en los otros grupos los consumos fueron de 3,906 kg cuando se les suministro la fitasa líquida en cc/m³, 3,912 kg con el empleo de fitasa líquida en 100 cc/m³ y 3,921 kg cuando recibieron fitasa sólida en 200 g/tm (ver gráfico 14).

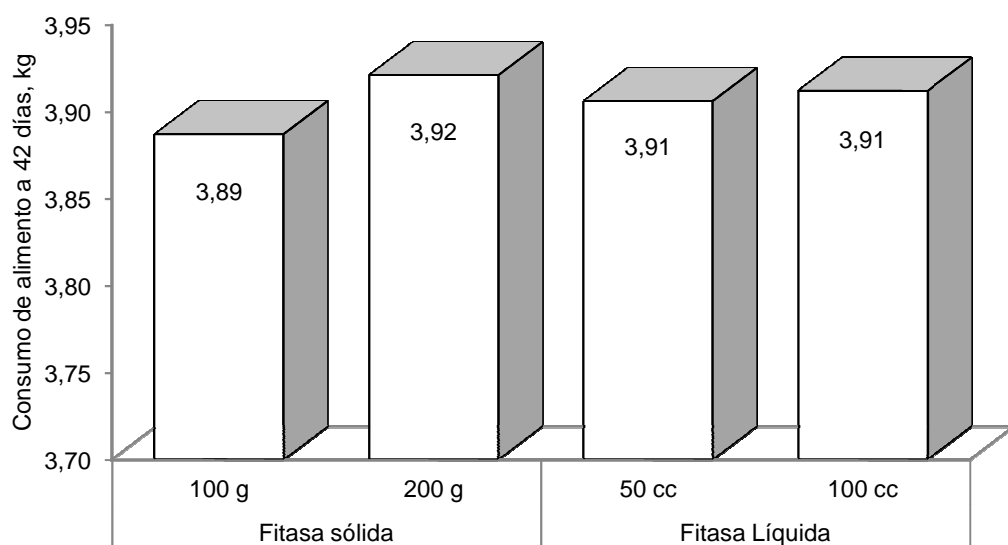


Gráfico 14. Consumo de alimento a los 42 días de edad (kg), de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

Comparando los consumos encontrados en el presente trabajo con los reportados en la guía de manejo de [11], se considera que los consumos acumulados a los 42 días son superiores a los señalados por esta guía, que tiene como referencia un valor de 3,67 kg, diferencia que está supeditada a los pesos alcanzados, ya que entre el peso referencial (2,21 kg) y el encontrado (2,51 kg), se establece una superioridad de 300 g, por lo que consecuentemente el consumo de alimento también debe ser mayor para cubrir sus requerimientos nutritivos.

4.2.4. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia a los 7 días de edad de los pollos no fueron diferentes estadísticamente ($P > 0,05$), por efecto de las fitasas en varios niveles empleados, a pesar de que numéricamente se estable una mayor eficiencia cuando se utilizó la fitasa sólida en 200 g/tm con una conversión alimenticia de 1,12, seguida del empleo de fitasa sólida en 100 g/tm con 1,16, en cambio cuando se utilizó la fitasa líquida en 50 y 100 cc/m³ las conversiones alimenticias que

¹¹ Bioalimentar.com.ec. (2011)

presentaron los animales fueron de 1,24, en ambos casos (ver cuadro 13).

Cuadro 13. COMPORTAMIENTO DE LAS CONVERSIONES ALIMENTICIAS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Conversión alimenticia	Fitasa sólida		Fitasa Líquida		Prob.	
	100 g	200 g	50 cc	100 cc		
A los 7 días	1.16 a	1.12 a	1.24 a	1.24 a	0.095	ns
A los 14 días	1.41 a	1.21 b	1.28 b	1.17 b	0.001	**
A los 21 días	1.52 a	1.37 c	1.46 ab	1.39 bc	0.002	**
A los 28 días	1.55 b	1.53 b	1.63 a	1.55 b	0.041	*
A los 35 días	1.73 a	1.68 a	1.62 a	1.67 a	0.115	ns
A los 42 días	1.70 b	1.59 d	1.73 a	1.66 c	0.000	**

Prob.: Probabilidad

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

*: Prob. < 0,05; existen diferencias significativas.

**.: Prob. < 0,01; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

A los 14 días la conversión alimenticia menos eficiente se registró en los animales que recibieron la fitasa sólida en 100 g/tm con un valor de 1,41, que estadísticamente presenta diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), con las conversiones alimenticias determinadas en los pollos que recibieron la fitasa sólida en 200 g/tm y la fitasa líquida en 50 y 100 cc/m³, siendo estas similares estadísticamente aunque numéricamente existen variaciones considerables por cuanto los valores determinados fueron de 1,21, 1,28 y 1,17, en su orden.

A los 21 días de edad, las conversiones alimenticias presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre las medias establecidas, registrándose la mejor respuesta cuando los pollos recibieron fitasa sólida en 200 g/tm de alimento con una conversión alimenticia de 1,37, siguiéndole en orden de importancia la determinada en los animales que se les suministró fitasa líquida en cantidades de 100 cc/m³ con un valor de 1,39, en cambio que la menos eficiente fue cuando se utilizó la fitasa sólida en el nivel 100 g/tm, con la que se determinó una conversión alimenticia de 1,52, notándose a través de estas respuestas que mejores resultados se obtienen cuando se utilizan los niveles más altos propuestos de fitasa.

A los 28 días de edad, la conversión alimenticia menos eficiente se registró en los pollos que recibieron la fitasa líquida en 50 cc/m³, con un valor de 1,63 y que presenta diferencias significativas (P<0,05), con las respuestas obtenidas cuando se emplearon la fitasa sólida en 100 y 200 g/tm así como con la fitasa líquida en 100 cc/m³, por cuanto las conversiones alimenticias determinadas en los grupos fueron de 1,55, 1,53 y 1,55, en su orden (ver gráfico 15).

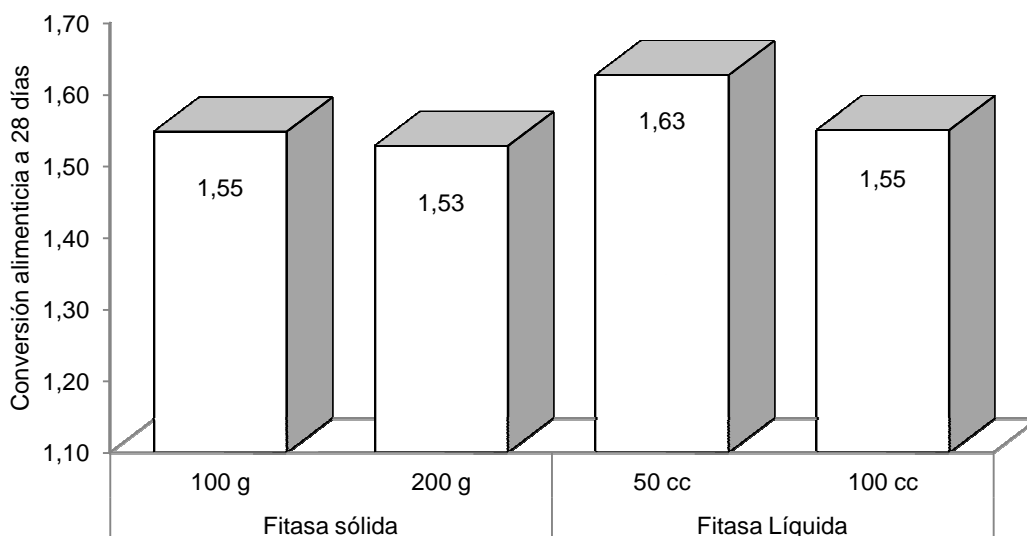


Gráfico 15. Conversión alimenticia a los 28 días de edad de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

Los valores mencionados son más altos o menos eficientes que los reportados en la guía de manejo de [12], donde se reporta que a los 28 días de edad, la conversión alimenticia que presenten los pollos deben ser de 1,49, comportamiento que se debe a que en el presente trabajo los consumo de alimento fueron mayores debido a que requieren de una mayor cantidad de alimento por los pesos alcanzados.

A los 35 días de edad de los pollos, las conversiones alimenticias determinadas no fueron diferentes estadísticamente (P>0,05), aunque numéricamente existen variaciones considerables, por cuanto las respuestas de la conversión alimenticia encontradas en orden de magnitud fueron de 1,73, 1,68,

¹² Bioalimentar.com.ec. (2011)

1,67 y 1,62 en los pollos que recibieron fitasa sólida en 100 y 200 g/tm y fitasa líquida en 100 y 50 cc/m³, respectivamente.

A los 42 días de edad, la respuesta más eficiente presentaron los pollos que recibieron la fitasa sólida 200 g/tm, con una conversión alimenticia de 1,59, que presenta diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), con los otros grupos evaluados, por cuanto al utilizarse la fitasa líquida 100 cc/m³, se encontró una conversión alimenticia de 1,66; con la fitasa sólida en 100 g/tm, fue de 1,70 y con la fitasa líquida 50 cc/m³, se registró la conversión alimenticia más alta numéricamente, que la hace la menos eficiente por presentar un valor de 1,73 (ver gráfico 16).

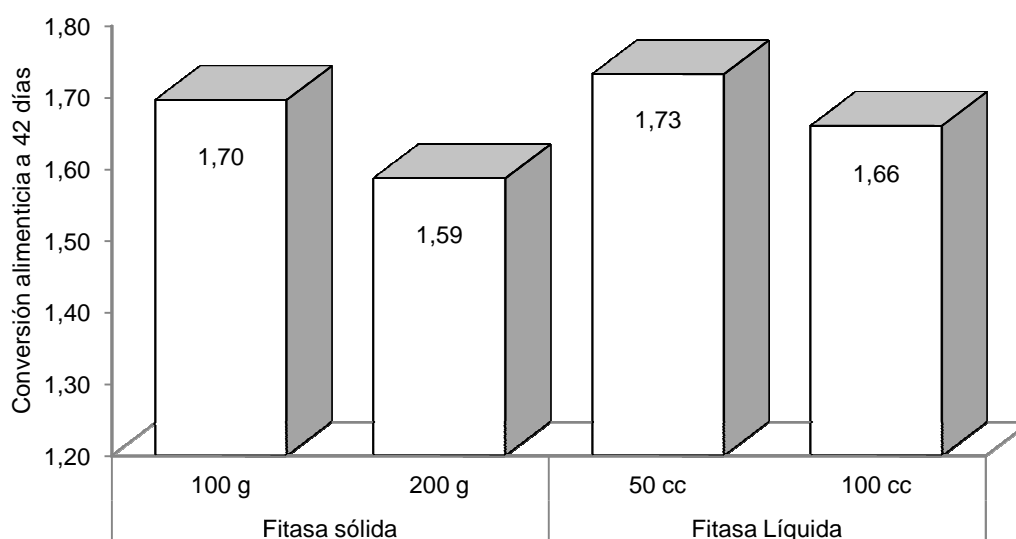


Gráfico 16. Conversión alimenticia a los 42 días de edad de pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

En base a los resultados anotados, se establece que la fitasa sólida en la cantidad de 200 g/tm de alimento que se suministre a los pollos, producirán mejores respuestas en el desempeño productivo, ya que a más de obtenerse los mayores pesos e incrementos de peso, presentaron la conversión alimenticia más eficiente (1,59), debido a que aprovechan de mejor manera los nutrientes proporcionados en las dietas, además la conversión alimenticia es muy superior a la que se reporta en la guía de manejo de [13], donde se indica que la conversión

¹³ Bioalimentar.com.ec. (2011)

alimenticia a los 42 días de edad debe ser de 1,66.

En el gráfico 17, se representa el desempeño de las conversiones alimenticias de los pollos de engorde por efecto de las fitasas en varios niveles, donde se observa las variaciones de los resultados en los diferentes períodos considerados, pero notándose que las respuestas con la fitasa sólida en 200 g/tm, casi siempre es la más eficiente.

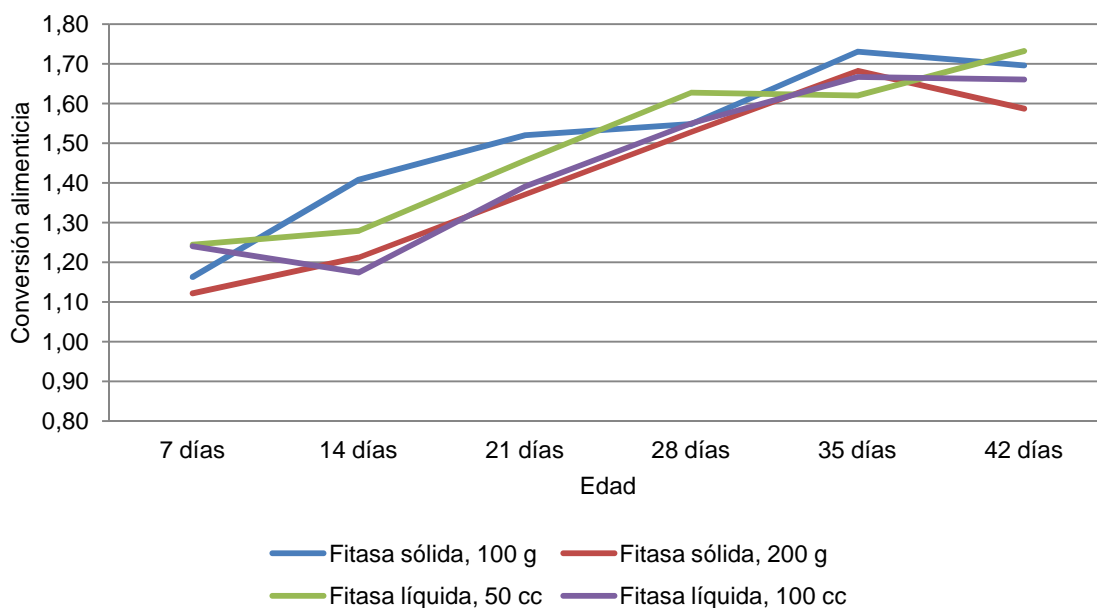


Gráfico 17. Comportamiento de la conversión alimenticia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa en varias dosis.

4.2.5. Costo/kg de ganancia de peso

En los costos/kg de ganancia de peso se establecieron diferencias estadísticas en todas las fases evaluadas, presentando variaciones considerables de una fase a otra, como se observa en el cuadro 14.

Al final del estudio (42 días de edad), con el empleo de la fitasa sólida en 200 g/tm se encontraron los menores costos de producción (0,83 dólares/kg de ganancia de peso), que se elevó a 0,87 dólares al utilizarse la fitasa líquida en -

Cuadro 14. COMPORTAMIENTO DE LOS COSTOS/KG DE GANANCIA DE PESO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Costo/kg gan. de peso	Fitasa sólida		Fitasa Líquida		Prob.
	100 g	200 g	50 cc	100 cc	
A los 7 días, dólares	0.63 ab	0.58 b	0.66 a	0.66 a	0.036 *
A los 14 días, dólares	0.76 a	0.63 b	0.68 b	0.63 b	0.000 **
A los 21 días, dólares	0.82 a	0.71 c	0.78 b	0.74 bc	0.000 **
A los 28 días, dólares	0.83 ab	0.80 b	0.86 a	0.82 b	0.019 *
A los 35 días, dólares	0.92 a	0.88 ab	0.85 b	0.88 ab	0.050 *
A los 42 días, dólares	0.90 a	0.83 c	0.91 a	0.87 b	0.000 **

Prob.: Probabilidad

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

*: Prob. < 0,05; existen diferencias significativas.

**.: Prob. < 0,01; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

100 cc/m³, cuando se utilizó fitasa sólida en 100 g/tm y fitasa líquida en 50 cc/m³, estos costos fueron más altos y que corresponden a 0,90 y 0,91 dólares/kg de ganancia de peso, en su orden. En el gráfico 18, se nota que en la mayoría de fases los menores costos de producción se obtienen al emplear la fitasa sólida en 200 g/tm, por lo que al parecer este tipo de fitasa y con este nivel se obtienen las mejores respuestas productivas en el desempeño de los pollos de engorde.

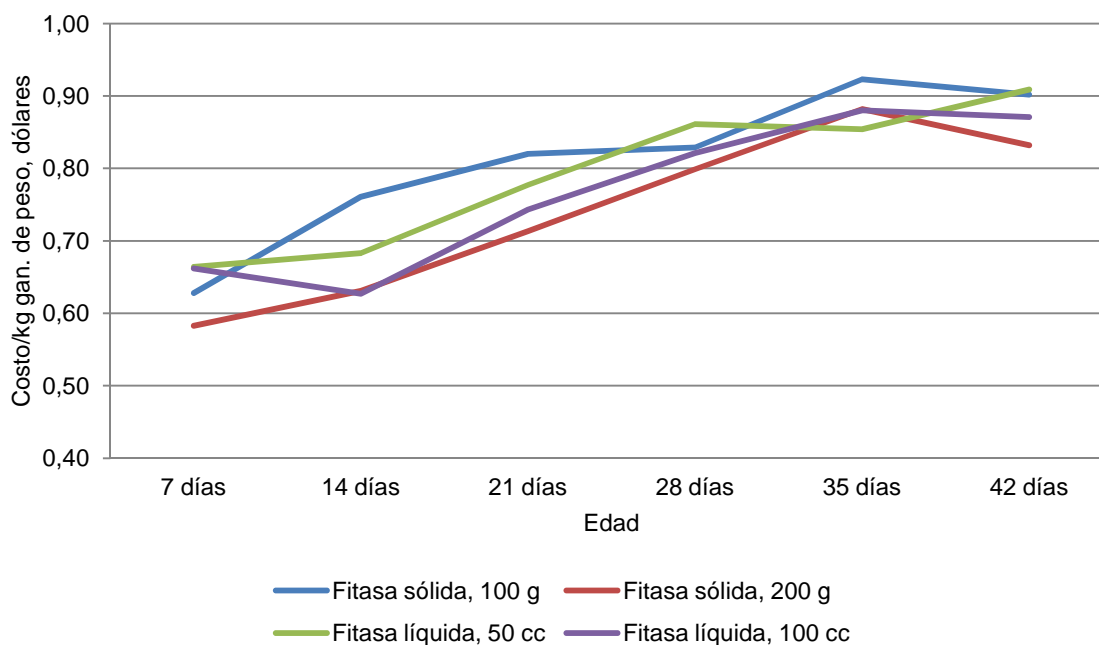


Gráfico 18. Comportamiento del costo/kg de ganancia de peso (dólares), hasta los 42 días de edad, en dos ensayos consecutivos que recibieron diferentes tipos de fitasa en varias dosis.

4.3. DESEMPEÑO PRODUCTIVO TOTAL DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA

El efecto encontrado por los diferentes tipos de fitasas y el número de ensayos en el desempeño productivo de los pollos de engorde hasta los 42 días de edad se resumen en el cuadro 15.

Cuadro 15. DESEMPEÑO PRODUCTIVOS DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LÍQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Parámetro	Tipo de fitasa			Número de ensayo		
	Sólida	Líquida	Prob.	Primero	Segundo	Prob.
Peso inicial, g	40.50 a	40.25 a	0.574	40.17 a	40.58 a	0.353
Peso final, kg	2.42 a	2.35 b	0.042	2.37 a	2.40 a	0.310
Ganancia de peso total, kg	2.38 a	2.31 b	0.041	2.33 a	2.33 a	0.314
Consumo de alimento, kg	3.90 a	3.91 a	0.485	3.90 a	3.91 a	0.149
Conversión alimenticia	1.64 b	1.70 a	0.027	1.68 a	1.66 a	0.394
Costo/kg gan. peso, dólares	0.87 a	0.89 a	0.101	0.88 a	0.87 a	0.450
Peso a la canal, kg	1.81 a	1.75 a	0.176	1.76 a	1.79 a	0.529
Rendimiento a la canal, %	74.48 a	74.44 a	0.953	74.48 a	74.44 a	0.956
Mortalidad, %	3.33 a	2.92 a	0.754	2.50 a	3.75 a	0.352
Índice de eficiencia	142.86 a	138.74 a	0.186	140.81 a	140.80 a	0.999

Prob.: Probabilidad

> 0,05: No existen diferencias estadísticas.

< 0,05: Existen diferencias significativas.

< 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

4.3.1. Por efecto de los tipos de fitasa

4.3.1.1. Pesos

Los pesos iniciales de los pollitos de un día de edad fueron entre 40,25 y 4,50 g, con un peso promedio de 40,38 g, presentando a los 42 días de edad pesos que fueron diferentes estadísticamente ($P < 0,05$), por efecto de los tipos de fitasas suministradas, registrándose los mayores pesos en los animales que recibieron la fitasa sólida, ya que se encontró un peso de 2,42 kg frente a 2,35 kg que alcanzaron los pollos que recibieron la fitasa líquida, diferencia que se debe a las características de la enzima, que por ser en estado sólido, permanece por un

mayor tiempo en el tracto digestivo, pudiendo actuar sobre los nutrientes y aumenta su digestibilidad debido a su actividad bacteriana y la producción de ácidos grasos volátiles (buche, intestino delgado y ciego), con aumento de la tamaño de la vellosidad intestinal (Godoy, S. *et al.* 2002).

Los resultados encontrados son superiores a los que se establecen la guía de manejo de [14], que indica como meta para las explotaciones de la sierra ecuatoriana que los pollos a los 42 días de edad deben presentar pesos de 2,21 kg, de igual manera son superiores a los reportados por Acosta (2008), quien al emplear dietas con 0,42 % de fósforo disponible, registró pesos de 1,964 kg a los 42 días de edad, diferencia que se debe a que este investigador evaluó únicamente la cantidad de fósforo disponible en la dieta, pero al añadir a estas dietas fitasa Quantum, para garantizar mayor digestibilidad de fósforo, registró pesos 1,984 kg, que siguen siendo inferiores a los del presente trabajo.

4.3.1.2. Ganancias de pesos

En las ganancias de peso totales por efecto de los tipos de fitasas se registraron diferencias significativas ($P < 0,05$), alcanzándose mayores incrementos de peso con el empleo de la fitasa sólida que con la líquida cuya superioridad es de 70 g por animal, ya que las respuestas determinadas fueron de 2,38 y 2,31 kg, respectivamente, superioridad que se debe a que la fitasa sólida según Selle, P. *et al.*, (2000), produce una mejora significativa en el crecimiento de las aves, ya que actúa en la liberación de minerales (Ca, P, Mg) y oligoelementos (Zn, Fe, Cu) del ácido fítico, así como al incremento en la digestibilidad del almidón o a un aumento en la digestibilidad de los aminoácidos de la ración.

Siendo esto la razón por la cual los resultados obtenidos son superiores a los reportados [14] que indica que la ganancia de peso a los 42 días de edad deben ser de 2,17 kg, ya que también la superior es mayor si se compara con el reporte de Acosta, A. (2008), quien al emplear dietas con 0,42 % de fósforo disponible, registró incrementos de peso de 1,94 kg a los 42 de edad; guardando

¹⁴ Bioalimentar.com.ec. (2011)

el mismo comportamiento con las respuestas alcanzadas por Cahuana, J. (2006), quien al emplear fitasa microbiana Allzyme S.D. registró ganancias de peso entre 2,48 y 2,57 kg, así como con Cauja, C. (2008), quien al evaluar 3 fuentes de fitasas, encontró incrementos de entre 2,53 y 2,58 kg, pero en animales que terminaron la fase de engorde a los 49 días de edad.

4.3.1.3. Consumo de alimento

Los consumos de alimento no presentaron diferencias estadísticas ($P>0,05$), por efecto de las fitasas empleadas, ya que se registraron consumos totales de 3,90 y 3,91 kg cuando se utilizó fitasa sólida y líquida respectivamente, por lo que no se considera que el tipo de fitasa influye en el consumo de alimento, sino en un mejor aprovechamiento de los nutrientes proporcionados, además de que las dietas experimentales se ajustaron a los requerimientos nutritivos para cada fase de desarrollo de las aves.

Los consumos determinados son superiores a los que señalan: [¹⁵] Bioalimentar.com.ec. (2011), que indica que los pollos a los 42 días de edad deben consumir 3,67 kg de alimento; Acosta, A. (2008), en su estudio encontró consumos de 3,40 kg, por lo que las diferencias de los consumos determinados con los citados están en función de los pesos y ganancias de peso encontrados, ya que un ave cuanto mayor sea su peso presentará mayor consumo de alimento.

En cambio los consumos son inferiores con respecto a los encontrados por Cahuana, J. (2006), quien al emplear la fitasa Allzyme S.D., registró consumos totales de alimento de 5,17 kg, siendo menor la diferencia con el trabajo de Cauja, C. (2008), quien al evaluar 3 fuentes de fitasas determinó consumos totales de alimento de 4,98 kg, por lo que las variaciones encontradas pueden estar supeditadas a la calidad de nutricional de las raciones experimentales, así como a la individualidad y peso final de los animales.

¹⁵ Bioalimentar.com.ec. (2011),

4.3.1.4. Conversión alimenticia

Las conversiones alimenticias de los pollos de engorde que recibieron la fitasa sólida y líquida fueron diferentes estadísticas ($P < 0,05$), ya que cuando se utilizó la fitasa sólida los animales requirieron de 1,64 kg de alimento por cada kg de ganancia de peso, a diferencia de los pollos que recibieron la fitasa líquida que necesitaron de 1,70 kg de alimento para el mismo objetivo, encontrándose por tanto un ahorro de hasta 60 g de alimento/ave/kg de ganancia de peso, que es representativo si se considera el número de aves que se manejan en una explotación avícola.

La respuesta encontrada con la fitasa sólida (1,64), es superior a la que reporta [¹⁶], que indica que la conversión alimenticia a los 42 días de edad de los pollos debe ser de 1,66, e incluso es más eficiente que la determina por Acosta, A. (2008), que en su estudio registró conversiones alimenticias de 1,77.

Los resultados encontrados al parecer contradicen lo reportado por Godoy, S. *et al.*, (2002), quienes señalan que con la suplementación con fitasas, no existen mejoras en los índices de conversión, pues, si bien hay mayor crecimiento corporal al utilizar fitasas, los consumos también aumentan, pero que en el presente trabajo se observó que además de incrementarse los pesos y los consumos de alimento, la incorporación de la fitasa sólida propició para que el alimento suministrado sea mejor aprovechado por los animales, ya que son más eficientes al compararlos con los registrados por Cahuana, J. (2006), al utilizar fitasa microbiana Allzyme S.D., registró conversiones alimenticias entre 2,02 y 2,09, y Cauja, C. (2008), estableció valores de 1,91 a 1,94 cuando suministró tres fuentes de fitasas.

4.3.1.5. Costo/kg de ganancia de peso

En los costos/kg de ganancia de peso no se observaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), aunque numéricamente con el empleo de la fitasa sólida los

¹⁶Bioalimentar.com.ec. (2011),

costos de producción son menores que con la fitasa líquida, ya que se determinaron costos de 0,87 y 0,89 dólares respectivamente, estableciéndose un ahorro de hasta 20 centavos de dólar por cada kg de carne producido, que igualmente es representativo si se considera el número de aves que se manejan en las explotaciones avícolas.

4.3.1.6. Peso a la canal

En los pesos a la canal las diferencias encontradas no fueron estadísticas ($P>0,05$), por efecto de los tipos de fitasa empleados, a pesar de que numéricamente mayor pesos registraron las canales provenientes de los pollos que se les suministró fitasa sólida pues alcanzaron pesos de 1,81 kg, a diferencia de los obtenidos de los pollos que recibieron la fitasa líquida y que fueron de 1,75 kg, cuya diferencia oscila en 60 g por canal, diferencia que puede ser decisiva al tomar una decisión de obtener mayores rendimientos e ingresos, lo que produciría a su vez mayores rentabilidades económicas.

4.3.1.7. Rendimiento a la canal

En el parámetro rendimiento a la canal, las respuestas encontradas no son diferentes estadísticamente ($P>0,05$), por efecto de los tipos de fitasas empleados, ya que además numéricamente entre estas son similares, por cuanto se registraron valores de 74,48 y 74,44 % cuando se empleó fitasas sólidas y líquidas en la alimentación de los pollos; demostrándose con estas respuestas, lo que señala Selle, P. (2011), quien indica que en los últimos tiempos, se han realizado numerosos estudios que no han mostrado diferencias en los rasgos de la canal entre broilers alimentados con dietas control y animales a los que se les ofrecieron dietas complementadas con fitasa.

4.3.1.8. Mortalidad

La mortalidad registrada durante el estudio alcanza en el mayor de los casos el 3,3 % que corresponde a los animales que recibieron la fitasa sólida frente al 2,92 % de los pollos que recibieron la fitasa líquida, sin que exista un

efecto significativo ($P>0,05$), en la cantidad de bajas por efecto de los tipos de fitasa empleados, considerándose que estos valores de mortalidad son bajos y no se deben a los productos evaluados, por cuanto no se afectó viabilidad de los animales, sino que se debieron a la falta de control del microclima al inicio del estudio, ya que la mayor cantidad de bajas se presentaron durante las primeras semanas de vida.

4.3.1.9. Índice de eficiencia

Los Índice de Eficiencia (IE), determinados por efecto de los tipos de fitasa empleados, no registraron diferencias estadísticas ($P>0,05$), a pesar de que numéricamente cuando se empleó fitasa sólida, los pollos presentaron un mejor aprovechamiento por cuanto el IE fue de 142,86, en cambio que al suministrarles la fitasa líquida este índice se reduce al 138,74, respuestas que ratifica, lo que señala Ingalls, F. (2009), en que, mientras mejor convierta el animal el alimento recibido, mayor utilidad o ganancia va a obtener, al producir más kilogramos de carne con los mismos insumos, lo que se consiguió al emplear la fitasa sólida, ya que registraron mayores pesos, incrementos de peso, pesos a la canal, conversión alimenticia más eficiente y con menores costos de producción.

4.3.2. Por efecto del número de ensayos

Los resultados por efecto del número de ensayo (ver cuadro 15), determinan que a los 42 días de edad, no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), en los parámetros considerados, existiendo entre ellos pequeñas diferencias numéricas como las que se citan a continuación:

En el segundo ensayo se observó respuestas favorables en los pesos final con 30 g, (2,37 frente a 2,40 kg), en la conversión alimenticia 1,68 frente a 1,66, el costo/kg de ganancia de peso represento un ahorro de 10 centavos de dólar (0,88 frente a 0,88 dólares), un mayor peso a la canal en 30 g (1,76 frente a 1,79 kg), pero la mortalidad fue superior (2,50 frente a 3,75 %), mientras que en el resto de parámetros se obtuvieron respuestas similares, como en las ganancias de peso (2,33 kg), consumo de alimento (3,90 y 3,91 kg), rendimiento a la canal (74,48 y

74,44 %), al igual que en el índice de eficiencia (140,81 y 140,80), por lo que se establece que los ensayos realizados no afectaron las respuestas totales obtenidas.

4.3.3. Respuesta metabólica

En el cuadro 16 se resume la presencia de fósforo y calcio en los pollos de engorde por efecto de los diferentes tipos de fitasas y el número de ensayos.

Cuadro 16. PRESENCIA DE FÓSFORO Y CALCIO EN POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LIQUIDA), EVALUADOS EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Parámetro	Tipo de fitasa			Número de ensayo		
	Sólida	Líquida	Prob.	Primero	Segundo	Prob.
Fósforo sanguíneo, mg/dl	20.22 A	17.84 b	0.002	19.18 a	18.89 a	0.660
Fosfatasa Alcalina, U/L	122.68 A	115.32 a	0.629	121.71 a	116.28 a	0.721
Fósforo en las heces, %	1.32 A	1.24 a	0.219	1.26 a	1.31 a	0.432
Fósforo en los huesos %	7.14 A	6.92 a	0.642	7.93 a	6.12 b	0.001
Calcio en los huesos, %	15.90 A	15.00 a	0.192	16.10 a	14.80 a	0.064
Relación calcio/fósforo	2.25 A	2.25 a	0.988	2.04 b	2.45 a	0.001

Prob.: Probabilidad

> 0,05: No existen diferencias estadísticas.

< 0,05: Existen diferencias significativas.

< 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

4.3.3.1. Fósforo sanguíneo, mg/dl

Las respuestas de la presencia del fósforo sanguíneo presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de los tipos de fitasa, por cuanto al utilizarse la fitasa sólida produce una mayor mineralización del fósforo en la sangre, ya que se determinó una cantidad de 20,22 mg/dl, mientras la fitasa líquida provocó una menor retención, determinándose un contenido de 17,84 mg/dl (ver gráfico 19), siendo necesario tener en cuenta lo que reportan Sebastian, S. *et al.* (2002), quienes señala que la incapacidad que tienen las aves para utilizar el fósforo fítico es muy clara y se refleja en una menor concentración de fósforo plasmático por lo que al suministrarles la fitasa sólida aumenta la retención de P, Ca y Cu.

De acuerdo al número de ensayos, los contenidos de fósforo sanguíneo no fueron diferentes estadísticamente, registrándose entre 18,89 y 19,18 mg/dl en las aves del segundo y primer ensayo respectivamente. Los valores determinados son elevados con respecto a los que indica Acosta, A. (2008), haber obtenido cuando empleo dietas con bajos niveles de fósforo, ya que el fósforo sérico de las aves fue de 5,14 mg/dl; guardando esta relación con el reporte de Show, R. *et al.*, (2003), quienes indican que las cantidades de fósforo sérico normal en los pollos deben estar entre 3 y 5 mg/dl.

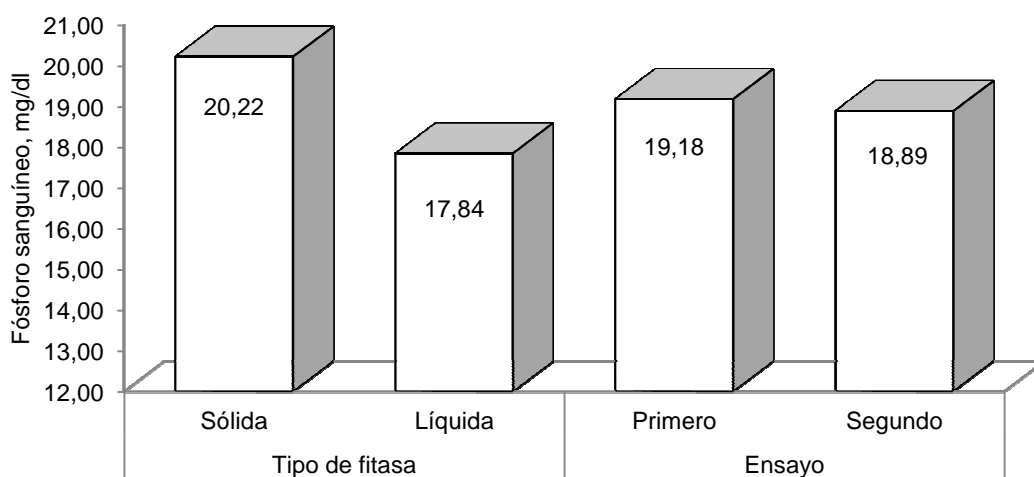


Gráfico 19. Presencia de fósforo sanguíneo (mg/dl), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.

4.3.3.2. Fosfatasa alcalina, U/L

Las cantidades encontradas de fosfatasa alcalina no fueron diferentes estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de los tipos de fitasa empleados, así como por efecto del número de ensayos realizados, por cuanto los valores determinados fueron de 122,68 UI, cuando se empleó la fitasa sólida y de 115,32 UI, con la fitasa líquida; mientras que de acuerdo a los ensayos, las cantidades registradas fueron de 121,71 y 116,28 UI, para el primero y segundo ensayo, valores están por debajo los parámetros normales, ya que Show, R. *et al.* (2003), señalan que esta puede fluctuar de 191 a 955 UI.

4.3.3.3. Fósforo en las heces, %

Las cantidades de fosforo encontradas en las heces de los pollos que se

les suministró la fitasa sólida y líquida no fueron diferentes estadísticamente ($P>0,05$), por cuanto se determinaron cantidades de 1,32 y 1,24 %, manteniendo esta relación con respecto a las cantidades determinadas por efecto del número de ensayos, por cuanto se encontró que en primer ensayo las heces de las aves contenían 1,26 % de fósforo y en el segundo ensayo de 1,31 % (ver gráfico 20), lo que determina que con el uso de fitasa en las dietas de los pollos de engorde se produce menor excreción de fósforo al ambiente, debido al mayor aprovechamiento que hace el ave del fósforo fítico, respuestas que confirma lo señalado por Payne, R. *et al.* (2005), quienes indican que con el uso de Fitasa (200 a 1000 U/kg) se reduce la excreción de fósforo en las heces entre 25 y 50 %.

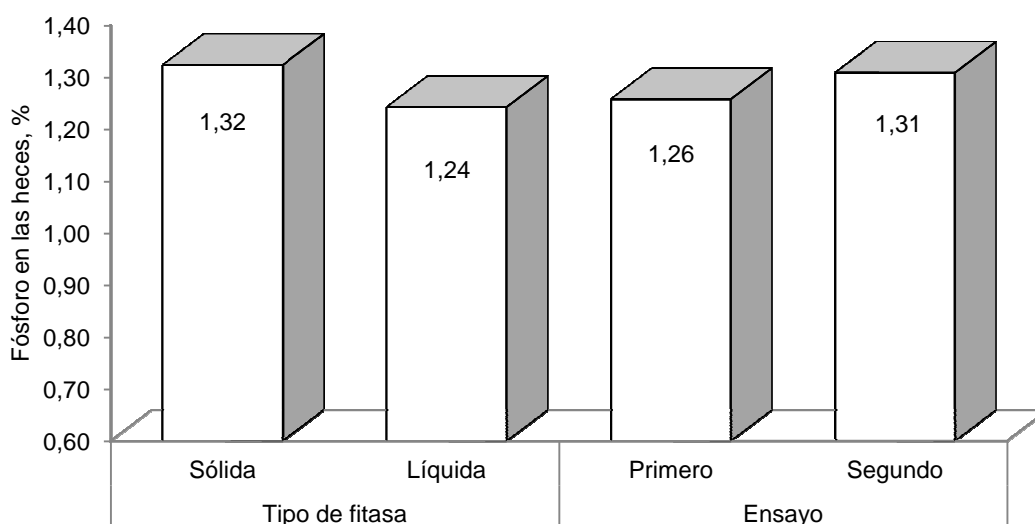


Gráfico 20. Presencia de fósforo en las heces (%), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.

4.3.3.4. % Fósforo en los huesos (canilla)

Las cantidades encontradas fósforo en los huesos (en la canilla), por efecto de los tipos de fitasa no fueron diferentes estadísticas ($P>0,05$), por cuanto se determinaron contenidos de 7,14% cuando se empleó la fitasa sólida y de 6,92 % con la fitasa líquida (ver gráfico 21); en cambio que entre ensayos las diferencias fueron altamente significativas por cuanto se encontró en las canillas de las aves del primer ensayo contenidos de 7,93 % de fósforo y en las del segundo ensayo de 6,12 %, por lo que a pesar de estas diferencias, puede indicarse que los

contenidos están debajo de los que reporta Acosta, A. (2008), quien al utilizar dietas bajas en fósforo determinó contenidos de 18,02 %, mientras que Show, R. *et al.* (2003), indican que los parámetros normales del fósforo del hueso en los broilers es de 8,0 a 18,5 %.

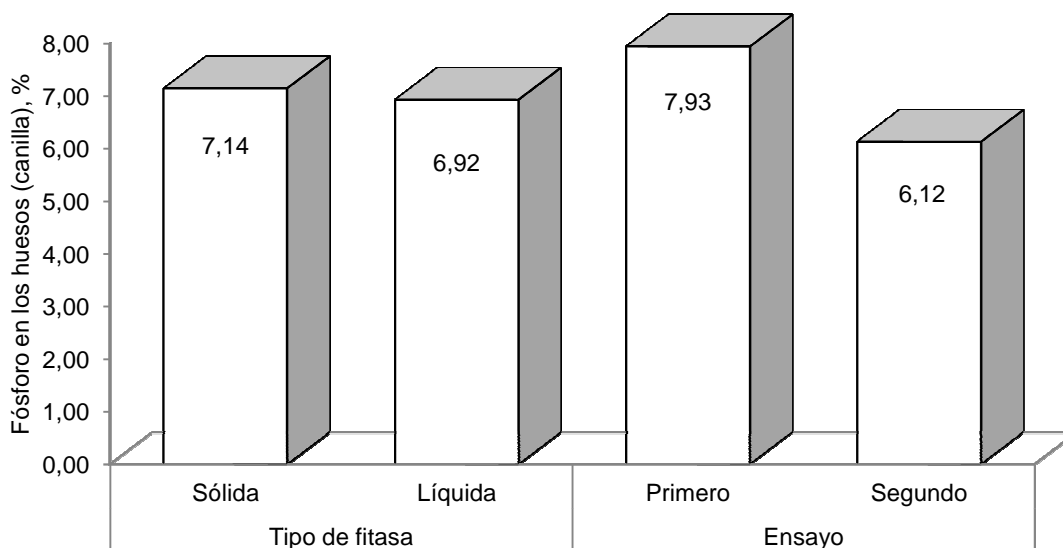


Gráfico 21. Presencia de fósforo en los huesos (%), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa.

4.3.3.5. % Calcio en huesos (canilla),

El contenido de calcio de los huesos a nivel de la canilla, no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de los tipos de fitasa empleados así como por el número de ensayos realizados, por cuanto se determinó valores de 15,00 a 15,90 cuando se emplearon las fitasas líquidas y solidas respectivamente, y entre ensayos fueron de 16,10 % en el primero y 14,8 % en el segundo, valores que están por debajo del que encontró Acosta, A. (2008), al utilizar dietas bajas en fósforo y determinó contenidos de calcio en el hueso de 18,02 %.

Show, R. *et al.* (2003), indican que los parámetros normales del fósforo del hueso en los broilers es de 8,0 a 18,5 %, por lo que se considera que la asimilación de los nutrientes por efecto de las fitasas empleadas están dentro de los rangos normales.

4.3.3.6. Relación calcio/fósforo

Las relaciones calcio/fósforo no se alteraron por efecto de los tipos de fitasa empleadas en la alimentación de los pollos, presentando en ambos casos valores de 2,25, y entre ensayos fueron de 2,40 en el primero y 2,45 % en el segundo, es decir que se mantiene la relación 2:1 que están dentro de los rangos normales, ya que esta relación es esencial para mantener la función y estructura de los tejidos, además de que representan el principal componente mineral del hueso, debiendo estar disponibles simultáneamente y en cantidades suficientes, para que la mineralización ósea sea adecuada. La carencia de uno de ellos, de ambos o de la vitamina D da lugar a complicaciones, especialmente osteopenia, raquitismo y fracturas, lo que produce en las aves problemas de postraciones.

4.4. DESEMPEÑO PRODUCTIVO TOTAL DE POLLOS DE ENGORDE POR EFECTO DE TIPOS DE FITASA EN VARIOS NIVELES

El efecto encontrado por los tipos de fitasas en varios utilizados, sobre el desempeño productivo de los pollos de engorde hasta los 42 días de edad se resume en el cuadro 17.

Cuadro 17. DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Parámetros	Fitasa sólida		Fitasa Líquida		Prob.	
	100 g	200 g	50 cc	100 cc		
Peso inicial, g	40.17	40.83	39.83	40.67	0.530	ns
Peso final, kg	2.33 c	2.51 a	2.30 c	2.40 ab	0.000	**
Ganancia de peso total, kg	2.29 c	2.47 a	2.26 c	2.36 b	0.000	**
Consumo de alimento, kg	3.89 b	3.92 a	3.91 a	3.91 a	0.002	**
Conversión alimenticia	1.70 b	1.59 d	1.73 a	1.66 c	0.000	**
Costo/kg gan. peso, dólares	0.90 a	0.83 c	0.91 a	0.87 b	0.000	**
Peso a la canal, %	1.70 c	1.91 a	1.68 c	1.82 b	0.000	**
Rendimiento a la canal, %	72.75 b	76.20 a	73.11 b	75.77 a	0.000	**
Mortalidad, %	4.58 a	2.08 a	2.92 a	2.92 a	0.605	ns
Índice de eficiencia	136.36 b	149.36 a	135.88 b	141.61 b	0.001	**

Prob.: Probabilidad

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

*: Prob. < 0,05; existen diferencias significativas.

**.: Prob. < 0,01; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

4.4.1. Pesos

Los pesos de los pollos a los 42 días, registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) presentando los mayores pesos (2,51 kg) los animales que recibieron la fitasa sólida en 200 g/tm, seguidos de los que recibieron la fitasa líquida en 100 cc/m³ con un peso de 2,40 kg, mientras que los menores pesos de las aves fueron las que recibieron la fitasa sólida y la fitasa líquida en menores cantidades (100 g/tm y 50 cc/m³), por cuanto los pesos determinados fueron de 2,33 y 2,30 kg, respectivamente, respuestas que denotan que al utilizarse mayores niveles de las enzimas, los animales aprovechan mejor los nutrientes proporcionados en las dietas y por consecuencia presentan un mayor desarrollo corporal.

Los valores anotados, son superiores a los que reporta [¹⁷], que establece como referencia a los 42 días de edad pesos 2,21 kg, al igual con los determinados por Acosta, A. (2008), quien al añadir la fitasa Quantum en dietas pobres de fósforo, para garantizar una mayor digestibilidad del fósforo, registró pesos de 1,98 kg.

4.4.2. Ganancias de pesos

Las medias de las ganancias de peso presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre estas, presentando los pollos mayores incrementos de peso (2,47 kg), cuando se les suministró la fitasa sólida en 200 g/tm, que se redujo a 2,26 kg al adicionarles fitasa líquida en 50 cc/m³ en el agua de bebida, que son los casos extremos registrados, por lo que se considera que el comportamiento productivo de los pollos se mejora al utilizar fitasa sólida en 200 g/tm, debido a que produce una mejora significativa en el crecimiento de las aves, además los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Acosta, A. (2008), quien al emplear dietas con 0,42 % de fósforo disponible más la adición de fitasa Quantum, observó incrementos de peso de 1,94 kg a los 42 de edad.

¹⁷ Bioalimantar.com.ec. (2011),

4.4.3. Consumo de alimento

Las medias del consumo de alimento, presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre la respuesta obtenida con el empleo de la fitasa sólida 100 g/tm que fue de 3,89 kg, frente a los consumos registrados en los otros grupos evaluados, y que fueron de 3,91 kg cuando se les proporcionó la fitasa líquida en los niveles 50 y 100 cc/m³ y de 3,92 kg cuando recibieron la fitasa sólida 200 g/tm, valores que son superiores a los señalados [¹⁸], que manifiesta que los pollos a los 42 días de edad deben consumir 3,67 kg de alimento; al igual que en el reporte de Acosta, A. (2008), quien en su estudio encontró consumos de 3,40 kg, por lo que las variaciones encontradas pueden estar supeditadas a la calidad de nutricional de las raciones experimentales, así como a la individualidad y peso final de los animales.

4.4.4. Conversión alimenticia

En la conversión alimenticia se registró diferencias estadísticas altas ($P < 0,01$), siendo la conversión alimenticia más eficiente la registrada al utilizar el balanceado con fitasa sólida en 200 g/tm, con un valor de 1,59, elevándose a 1,66 cuando se utilizó la fitasa líquida, y aún más con la fitasa sólida en 100 g/tm y la fitasa líquida en 50 cc/m³, por cuanto se incrementaron a 1,70 y 1,73, por lo que se considera que mejores respuestas se consiguen al emplearse la fitasa sólida en 200 g/tm, ya que su conversión alimenticia (1,59), es más eficiente que la manifestada por que es de 1,66, así como también es más eficiente que la determina por Acosta, A. (2008), al emplear dietas con 0,42 % de fosforo disponible más la adición de fitasa Quantum, consiguió conversiones alimenticias de 1,77.

4.4.5. Costo/kg de ganancia de peso

Los menores costos de producción se registró cuando se utilizó el balanceado con 200 g/tm de fitasa sólida, por cuanto por cada kg de ganancia de

¹⁸ Bioalimentar.com.ec. (2011),

peso obtenido su costo es de 0,83 dólares, valor que difieren estadísticamente ($P < 0,01$), con las respuestas de los otros grupos evaluados, por cuanto al emplearse 100 cc/m³ de fitasa líquida su costo es de 0,87 dólares, elevándose a 0,90 y 0,91 dólares/kg de ganancia de peso con el empleo de fitasa sólida en 100 g/tm y la fitasa líquida en 50 cc/m³ respectivamente, registrándose por tanto mejores respuestas al emplearse la fitasa sólida en 200 g/tm, por cuanto se mejoran los índices productivos.

4.4.6. Peso a la canal

Los pesos a la canal presentaron diferencias estadísticas altas ($P < 0,01$) entre las medias alcanzadas por efecto de las fitasa en varios niveles empleados, por cuanto de un peso obtenido de 1,91 kg de los pollos que recibieron la fitasa sólida en 200 g/tm, este se redujo a 1,82 con el empleo de fitasa líquida 10 cc/m³, a 1,70 con fitasa solida 100 g/tm y a 1,68 kg con la fitasa líquida 50 cc/m³, respuestas que ratifican que con la utilización de fitasa sólida en 200 g/tm se consigue un mejor desempeño productivo, por cuanto su respuesta es superior a las determinadas por Cahuana, J. (2006), al emplear fitasa microbiana Allzyme S.D. y Cauja, C. (2008), al evaluar 3 fuentes de fitasas, encontraron pesos a la canal entre 1,56 y 1,72 kg.

4.4.7. Rendimiento a la canal

Los rendimientos a la canal registran diferencias estadísticas altas ($P < 0,01$), ya que los valores encontrados fueron de 76,20 % con la utilización de fitasa sólida 200 g/tm, y que se redujeron al 73,11 % con fitasa líquida 50 cc/m³ y 72,75 % con fitasa solida 100 g/tm (ver gráfico 22), respuestas que denotan que los animales que consumieron el balanceado con fitasa sólida en 200 g/tm, presentaron las mejores respuestas productivas, por cuanto el rendimiento a la canal, es superior a las establecidas por Cahuana, J. (2006), al emplear fitasa Allzyme S.D. y a Cauja, C. (2008), al evaluar 3 fuentes de fitasas, pues reportan rendimientos a la canal entre 71,33 y 75,11 %.

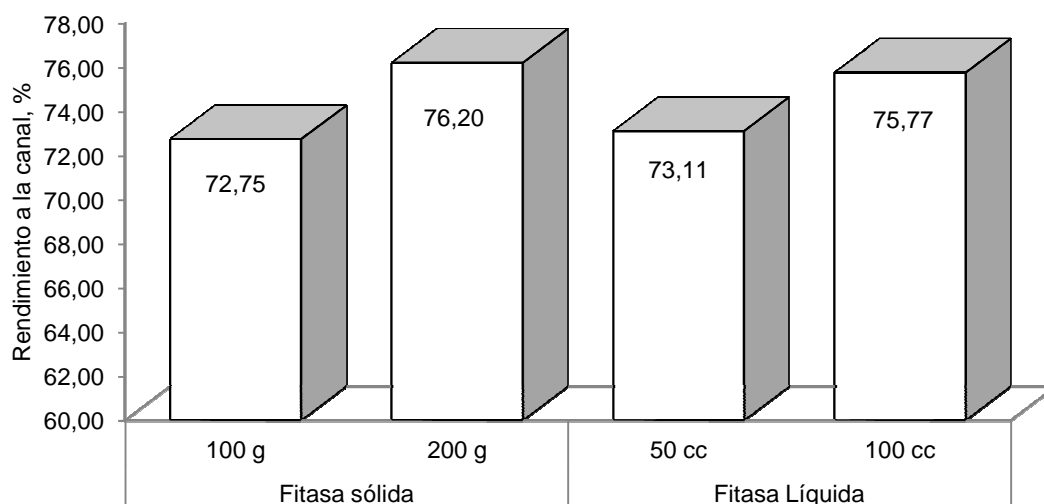


Gráfico 22. Rendimiento a la canal (%) de pollos de engorde sacrificados a los 42 días de edad, que recibieron el suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

4.4.8. Mortalidad

Con respecto a la mortalidad total, el mayor número de bajas se observaron en los animales que recibieron la fitasa sólida en 100 g/tm, con una mortalidad del 4,58 %, seguidas de los pollos que se les proporcionó la fitasa líquida en 50 y 100 cc/m³ con el 2,92 % de mortalidad, en cambio que la menor cantidad (2,08 %) se observó en los animales que se les suministró la fitasa sólida en 200 g/tm, siendo estas diferencias únicamente numéricas ($P > 0,05$).

Esto, permite afirmar que los tipos de fitasa en los niveles empleados no afectaron la salud de los animales, por el contrario demostraron mejores respuestas productivas, así como también se logra mejorar las condiciones ambientales, por cuanto Douglas, M. *et al.* (2000), señala que la adición de fitasas microbianas a las dietas para mejorar el aprovechamiento del fósforo, permite reducir el desperdicio de fosfato y evitar estos desperdicios nocivos para la salud.

4.4.9. Índice de eficiencia

Los Índice de Eficiencia (IE), determinados registraron diferencias

altamente significativas ($P < 0,01$), que demuestran que cuando se empleó la fitasa sólida en 200 g/tm, los pollos presentaron un mejor aprovechamiento del alimento por cuanto el IE fue de 149,36, valor que se reduce en los otros grupos evaluados, por cuanto con la adición de fitasa líquida en 100 cc/m³ fue de 141,61, con la fitasa sólida en 100 g/tm de 136,36 en cambio con la fitasa líquida en 50 cc/m³ el IE fue menor 135,88 (ver gráfico 23), por lo que en base a lo que reporta Ingalls, F. (2009), en que, mientras mejor convierta el animal el alimento recibido es mayor la utilidad o ganancia que se va a obtener, lo que se consiguió al emplearse fitasa sólida en 200 g/tm, ya que con este tratamiento el desempeño productivo de los pollos fue mayor.

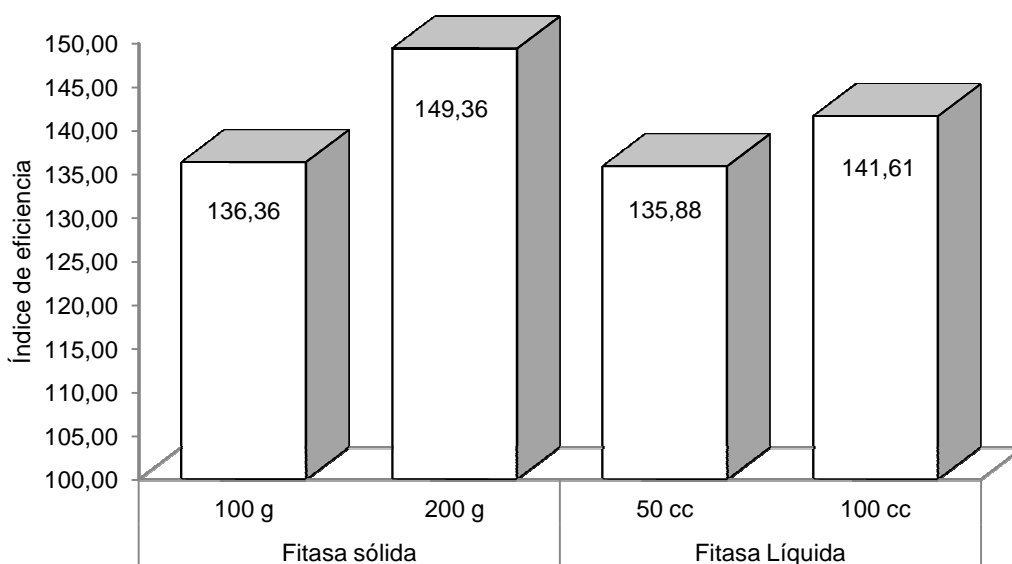


Gráfico 23. Índice de Eficiencia de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa, en varios niveles.

4.4.10. Respuesta metabólica

En el cuadro 18, se resume la presencia de fósforo y calcio en los pollos de engorde por efecto de los tipos de fitasas en varios utilizados.

4.4.10.1. Fósforo sanguíneo, mg/dl

Las respuestas de la presencia del fósforo sanguíneo presentó diferencias significativas ($P < 0,05$), por efecto de las fitasa en varios empleados,

encontrándose la mayor cantidad de fósforo en la sangre (20,86 mg/dl) en los pollos que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm, que se redujo a 19,58 mg/dl cuando se les suministró fitasa sólida en 100 g/tm, y las menores cantidades se determinaron al emplearse la fitasa líquida en 50 y 100 cc/m³, con contenidos de 17,97 y 17,71 mg/dl (ver gráfico 24), por lo que base a lo que reportan Sebastian, S. *et al.* (2002), en que las aves tienen la incapacidad de utilizar el fósforo fítico, que se refleja en una baja concentración de fósforo plasmático, es necesario suministrarles fitasa sólida en 200 g/tm para incrementar la utilización del fósforo fítico y por consiguiente elevar su retención a nivel sanguíneo.

Cuadro 18. PRESENCIA DE FÓSFORO Y CALCIO EN POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Parámetro	Fitasa sólida		Fitasa Líquida		Prob.
	100 g	200 g	50 cc	100 cc	
Fósforo sanguíneo, mg/dl	19.58 ab	20.86 A	17.97 c	17.71 c	0.010 *
Fosfatasa Alcalina, U/L	130.25 a	115.10 A	124.57 a	106.07 a	0.696 ns
Fósforo en las heces, %	1.39 a	1.26 A	1.11 b	1.37 a	0.003 **
Fósforo en los huesos, %	6.68 a	7.59 A	7.04 a	6.80 a	0.520 ns
Calcio en los huesos, %	15.87 a	15.93 A	15.34 a	14.67 a	0.552 ns
Relación calcio/fósforo	2.40 a	2.10 A	2.32 a	2.17 a	0.169 ns

Prob.: Probabilidad

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

*: Prob. < 0,05; existen diferencias significativas.

** : Prob. < 0,01; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Fuente: Los autores.

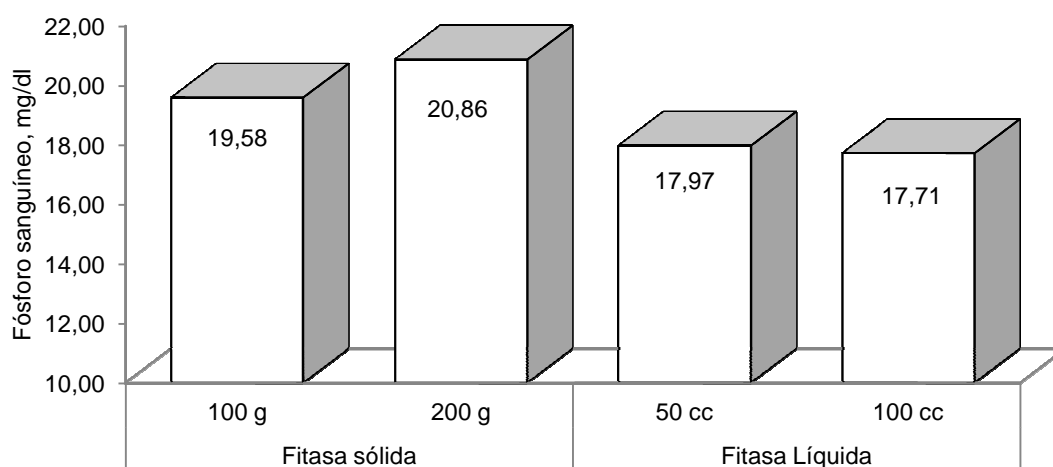


Gráfico 24. Presencia de fósforo sanguíneo (mg/dl), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa en varios niveles.

4.4.10.2. Fosfatasa alcalina, U/L

Con respecto a la fosfatasa alcalina, las cantidades encontradas no fueron diferentes estadísticamente ($P>0,05$), a pesar de que numéricamente las menores concentraciones se observaron en los pollos que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm y fitasa líquida en 50 cc/m³, por cuanto los valores determinados fueron de 115,10 y 106,67 U/l, respectivamente, en cuando se utilizó fitasa sólida en 100 g/tm y fitasa líquida en 100 cc/m³, las cantidades registradas fueron de 130,25 y 124,57 U/l, en su orden, valores que están por debajo del rango normal, ya que Show, R. *et al.* (2003), señalan que esta puede fluctuar entre 191 y 955 U/L,

4.4.10.3. Fósforo en las heces, %

Las cantidades de fósforo encontradas en las heces de los pollos fueron diferentes estadísticamente ($P<0,01$), por cuanto las mayores cantidades se determinaron en las heces de los pollos que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm y fitasa líquida en 100 cc/m³, con valores de 1,39 y 1,37, en su orden, y en menor proporción en las heces de los pollos que se les suministró fitasa sólida en 200 g/tm y fitasa líquida en 50 cc/m³, con cantidades de 1,26 y 1,11 % respectivamente (ver gráfico 25), por lo que en base a estos resultados se establece que con el uso de fitasa en las dietas de los pollos de engorde se produce menor excreción de fósforo al ambiente, lo que supondría una gran disminución que se estaría incorporando al medioambiente.

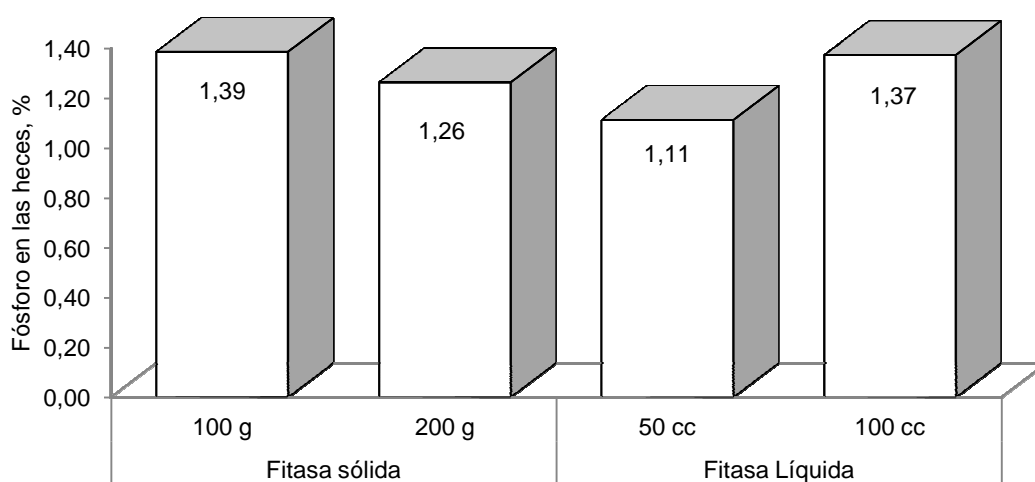


Gráfico 25. Presencia de fósforo en las heces (%), en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa en varios niveles.

4.4.10.1. % de Fósforo en los huesos (canilla).

Las cantidades encontradas de fósforo en los huesos (a nivel de la canilla) de los pollos de engorde, por efecto de las fitasas en varios niveles empleados, no fueron diferentes estadísticas ($P>0,05$), registrándose cantidades desde 6,68 % a 7,59 % que son los casos extremos y que corresponden a los animales que recibieron la fitasa sólida en 100 y 200 g/tm, respectivamente, mientras que las respuestas de la fitasa líquida se encuentran entre las anotadas; valores que son inferiores con relación al reporte de Acosta, A. (2008), quien al utilizar dietas bajas en fósforo determinó contenidos de 18,02 %, pero que están dentro de los parámetros por cuanto Show, R. *et al.* (2003), indican que la cantidad de fósforo del hueso en los broilers es entre 8,0 y 18,5 %.

4.4.10.1. % de Calcio en huesos (canilla)

El contenido de calcio de los huesos de los pollos de engorde no presentaron diferencias estadísticas ($P>0,05$), por efecto de las fitasas en los niveles empleados, ya que los valores determinados fluctuaron entre 14,67 y 15,93 %, que corresponden a los animales que recibieron la fitasa líquida en 100 cc/m³ y la fitasa sólida en 200 g/tm, respectivamente, valores que se consideran como normales por cuanto Show, R. *et al.* (2003), señalan que los parámetros normales del fósforo del hueso en los broilers es de 8,0 a 18,5 %.

4.4.10.1. Relación calcio/fósforo

Las relaciones calcio/fósforo no variaron estadísticamente ($P>0,05$), por cuanto los valores determinados oscilaron entre 2,10 y 2,40, que son los casos extremos y que se observaron en los grupos de las aves que recibieron la fitasa sólida en 200 y 100 g/tm, respectivamente, por lo que las respuestas de la fitasa líquida se encuentra entre estos valores (ver gráfico 26), notándose por consiguiente que en todos los casos se mantiene la relación calcio:fósforo entre 2:1, que es esencial para mantener la función y estructura de los tejidos, además de que representan el principal componente mineral del hueso.

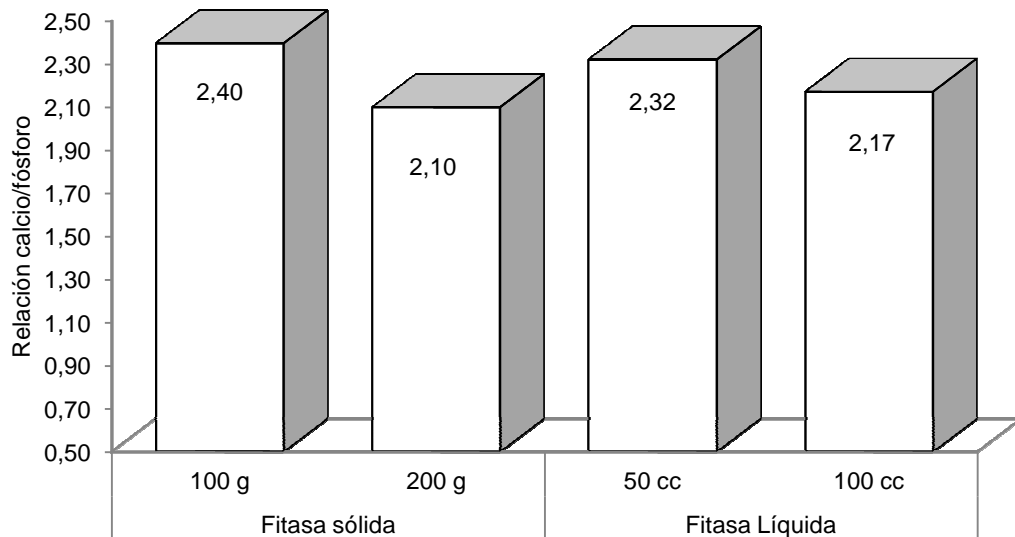


Gráfico 26. Relación calcio: fósforo a nivel de hueso, en pollos de engorde, por efecto del suministro de dos tipos de fitasa en varios niveles.

4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.5.1. Por efecto de los tipos de fitasa

Mediante el análisis económico realizado a través del indicador beneficio/costo (cuadro 19), considerando los tipos de fitasa se determinó que la mayor rentabilidad en la explotación de pollos parrilleros se consiguió cuando se utilizó la fitasa sólida, con un beneficio/costo de 1,20, que determina que por cada dólar invertido se tiene una utilidad de 20 centavos (20 % de rentabilidad), en cambio que con el uso de la fitasa líquida su rentabilidad se redujo al 17 % por cuanto su beneficio/costo fue de 1,17, por lo que al utilizar la fitasa líquida tiene un efecto favorable por cuanto alcanzándose una superioridad de 3 puntos porcentuales, que resulta interesante para los avicultores dedicados a la explotación de pollos parrilleros.

En cambio por efecto de los números de ensayo, se encontró que en los dos ensayos realizados los beneficios/costos fueron de 1,20, sin que exista variación entre estos.

Cuadro 19. EVALUACIÓN ECONÓMICA (DÓLARES) DE LA PRODUCCIÓN DE POLLOS DE ENGORDE, CON LA ADICIÓN DE DOS TIPOS DE FITASA (SÓLIDA Y LÍQUIDA), EN DOS ENSAYOS CONSECUTIVOS.

Parámetros:	Tipos de fitasa		Número de ensayo	
	Sólida	Líquida	Primero	Segundo
EGRESOS				
Número de aves	240	240	240	240
Compra de aves	1	124.80	124.80	124.80
Alimento	2			
De 1 a 7 días	17.81	18.58	18.13	18.39
De 8 a 21 días	105.43	104.13	104.53	104.91
De 22 a 35 días	223.83	221.46	222.77	222.52
De 36 a 42 días	147.57	146.08	146.33	147.33
Insumos				
Veterinarios	3	57.00	57.00	57.00
Calefacción	4	8.00	8.00	0.00
Mano de obra	5	100.00	100.00	100.00
TOTAL EGRESOS		784.44	773.56	774.94
Mortalidad, %		3.33	2.50	3.75
Mortalidad, N° de aves		8.00	6.00	9.00
INGRESOS				
Venta de aves	6	921.79	907.59	909.68
Pollinaza	7	20.00	20.00	20.00
TOTAL INGRESOS		941.79	927.59	929.68
BENEFICIO/COSTO		1.20	1.20	1.20

1: \$0,52 cada pollito de un día de edad.

2: Costo del alimento, dólares/kg

	Con fitasa sólida	Con fitasa líquida
De 1 a 7 días	0.530	0.534
De 8 a 21 días	0.528	0.524
De 22 a 35 días	0.529	0.524
De 36 a 42 días	0.526	0.518

3: \$8,5 vacunas + \$20,00 de insumos veterinarios; por cada 120 aves

4: \$2,00 por cilindro de gas, total 2 cilindros

5: \$50,00 jornal mes (2 horas diarias)

6: \$2,2 el kg de pollo a la canal (1,0 dólar/libra)

7: \$20,00 venta de pollinaza

Costos a noviembre de 2012.

Fuente: Los autores.

4.5.2. Por efecto de las fitasas en varios niveles

De los resultados obtenidos del análisis económico considerando los tipos de fitasa y los niveles empleados que se reportan en el cuadro 20, se puede indicar que la mayor rentabilidad económica se alcanza cuando se utilizó la fitasa sólida en 200 g/tm, con la cual se obtuvo una rentabilidad de 29 %, es decir un beneficio/costo de 1,29, seguidos de las aves que se les proporcionó la fitasa líquida en 100 cc/m³, con la cual se alcanzó una rentabilidad de 22 %, en cambio que cuando se empleó las fitasas tanto sólida como líquida pero en los niveles inferiores (100 g/tm y 50 cc/m³), las rentabilidades obtenidas, se redujeron al 12 y 13 % %, en su orden, por lo que se puede recomendar alimentar a los pollos con la utilización del fitasa sólida en 200 g/tm de alimento, por cuanto a más de la mayor rentabilidad económica las aves presentaron un desempeño productivo superior.

Cuadro 20. EVALUACIÓN ECONÓMICA (DÓLARES) DE LA PRODUCCIÓN DE POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE DOS TIPOS DE FITASA EN DIFERENTES DOSIS.

Parámetros:	Fitasa sólida		Fitasa Líquida	
	100 g	200 g	50 cc	100 cc
EGRESOS				
Número de aves	120	120	120	120
Compra de aves	1	62.40	62.40	62.40
Alimento	2			
De 1 a 7 días	9.01	8.80	9.04	9.55
De 8 a 21 días	52.72	52.71	52.00	52.13
De 22 a 35 días	112.13	111.49	110.73	110.73
De 36 a 42 días	73.11	74.32	73.16	72.91
Insumos				
Veterinarios	3	28.50	28.50	28.50
Calefacción	4	4.00	4.00	4.00
Mano de obra	5	50.00	50.00	50.00
TOTAL EGRESOS		391.86	392.22	389.83
Mortalidad, %		4.58	2.08	2.92
Mortalidad, N° de aves		5.50	2.50	3.50
INGRESOS				
Venta de aves	6	427.48	494.77	430.07
Pollinaza	7	10.00	10.00	10.00
TOTAL INGRESOS		437.48	504.77	440.07
BENEFICIO/COSTO		1.12	1.29	1.13

1: \$0,52 cada pollito de un día de edad.

2: Costo del alimento, dólares/kg

	Con fitasa sólida		Con fitasa líquida	
	100 g	200 g	50 cc	100 cc
De 1 a 7 días	0.540	0.520	0.534	0.534
De 8 a 21 días	0.530	0.526	0.524	0.524
De 22 a 35 días	0.530	0.527	0.524	0.524
De 36 a 42 días	0.527	0.524	0.518	0.518

3: \$8,5 vacunas + \$20,00 de insumos veterinario

4: \$2,00 por cilindro de gas

5: \$50,00 jornal mes

6: 2,2 el kg de pollo a la canal (1,0 dólar/libra)

7: \$10,00 venta de pollinaza

Costos a noviembre de 2012.

Fuente: Los autores.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Los tipos de fitasa (sólida y líquida), en la evaluación periódica hasta los 35 días de edad de los diferentes parámetros evaluados, en su mayoría no presentaron un efecto significativo, sino hasta los 42 días de edad.
2. Los tipos de fitasa en varios niveles, (100 y 200 g/tm ; 50 y 100 cc/m³), por el contrario, mostraron diferencias estadísticas en casi todos los períodos de evaluación, prevaleciendo los resultados cuando se utilizó la fitasa sólida en niveles de 200 g/tm de alimento así como con la fitasa líquida en la proporción de 100 cc/m³ de agua.
3. Con respecto a los tipos de fitasas y niveles empleados, mejores desempeños productivos presentaron los pollos que recibieron fitasa sólida en 200 g/tm de alimento, presentando pesos finales de 2,51 kg, incrementos de peso de 2,47 kg, conversión alimenticia de 1,59, costo/kg de ganancia de peso de 0,83 dólares, peso a la canal de 1,91 kg y un Índice de eficiencia de 149,36.
4. El mayor contenido de fósforo sanguíneo (20,22 mg/dl), presentaron los pollos que recibieron la fitasa sólida, sin que haya variación considerable en las otras respuestas, por cuanto se estableció la presencia de fosfatasa alcalina entre 115,32 y 122,68 U/L, fósforo en las heces fue de 1,24 a 1,32 %, fósforo en los huesos de 6,92 a 7,14 %, calcio en los huesos de 15,00 a 15,90 %, manteniendo una relación Calcio:Fósforo de 2,25.
5. Los resultados indican un mejor aprovechamiento del fósforo fítico y una reducción en la concentración de fósforo en las excretas, por tanto existe una mejora en la mineralización de los huesos, así como se disminuye la excreción de fósforo al medio ambiente.
6. La mayor rentabilidad económica (29 %) se alcanzó con el uso de fitasa

sólida en 200 g/tm, en cambio con la fitasa sólida en 100 g/tm y la fitasa líquida en 50 cc/m³, sus rentabilidades fueron de 12 y 13%, respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se deprenden de los resultados obtenidos son las siguientes:

1. Emplear en la alimentación de pollos de engorde fitasa sólida en 200 g/tm, por cuanto se logró mejorar la digestibilidad del fósforo contenido en los ingredientes vegetales del alimento balanceado, efecto que se ve reflejado en el mejor desempeño productivo, con menores costos de producción y una mayor rentabilidad económica, así como también permitió reducir la excreción de fósforo al medio ambiente.
2. Continuar con el estudio del empleo de la fitasa en la alimentación de pollos de engorde, pero incrementando los niveles, por cuanto las mejores respuestas se determinaron con los niveles más altos que se utilizaron en el presente trabajo.
3. Estudiar los beneficios que puede producir en el medio ambiente la adición de las fitasas en las raciones para aves, ya que con la adición de fitasas a las dietas para mejorar el aprovechamiento del fósforo se puede reducir su desperdicio y evitar estos residuos nocivos para la salud.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, A. (2008). Evaluación de una fuente de fósforo nacional y enzimas fitasas en la respuesta productiva-metabólica de pollos y gallinas ponedoras. Tesis para optar el grado científico de Doctor en Ciencias veterinarias. Departamento de Nutrición y Manejo de Animales Monogástricos. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. pp20 a 45.
- Acosta, A. Y Cárdenas, M. (2006). Enzimas en la alimentación de las aves. Fitasas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 40, núm. 4, 2006: 377-387
- Acosta, A. (2005). Una opción técnica, económica y ambiental del empleo del fósforo en la alimentación de gallinas ponedoras. Tesis de Maestría en Producción Animal Tropical. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p 60.
- Ahmad, X., Rasool, S., Sarwar M., and Haq, A. (2000). Effect of microbial phytase produced from a fungus *Aspergillusniger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 83: 103-114.
- Angel, R. Tamim, N., & Christman, M. (2004). Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poult Sci.* 83: 1358.
- Applegate, T., Jaern, B., & Angel, R. (2003). Water soluble phosphorous in fresh broiler litter is dependent upon phosphorous concentration fed but not on fungal phytase supplementation. *Poult Sci.* 82: 1024.
- Augspurger, N., Spencer, J., Webel, D. & Baker, D.(2004). Pharmacological zinc levels reduce the phosphorus-releasing efficacy of phytase in young pigs and chickens. *J Animal Sci.* 82: 1732.
- Bedford, M. (2004). Enzymes and enzyme cocktails for enhancing nutrient retention. Multi-State Animal Nutrition Conference Proc. Bedford, M.R. & Schulse, P. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nut Res Rev.* 11: 91.
- Cahuana, J. (2006). Utilización de fitasa Microbianan Allzyme S.D. Phytase en la cría y engorde de pollos. Tesis de Grado. Facultad Ciencias Pecuarias. ESPOCH. Riobamba. Ecuador. pp. 36- 72.
- Carlón, G. (2004). El uso de enzimas en la alimentación de aves. Tesis de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad

- Michoacana De San Nicolás De Hidalgo. Michoacán, México. pp 10 – 50.
- Catalá, P. (2007). Alternativas a los antibióticos en el pollo de engorde. Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. España. Disponible en <http://www.wpsa-aeca.es>.
- Cauja, C. (2008). Evaluación de 3 fuentes de fitasas y su efecto en la alimentación de pollos de engorde. Tesis de Grado. Facultad Ciencias Pecuarias. ESPOCH. Riobamba. Ecuador. pp. 32- 65.
- Centeno, C., Viveros, A., Brenes, A., Canales, R., Lozano A., De La Cuadra, C. (2001). Effect of several germination conditions on total P, phytate P, phytase, and acid phosphatase activities and inositol phosphate esters in rye and barley. *X Agric. Food Chem.* 49: 3208-3215.
- Choi, Y., Suh, H. y Kim, J. (2001). Purification and properties of extra cellular phytase from *Bacillus* sp. KHU - 10. *J. Prot. Chem.* 20: 287- 292.
- Cunha, M. (2012). Aplicación de enzimas en alimentos balanceados y su desempeño productivo en aves. XXXVII Convención Nacional ANECA 2012. Disponible en <http://www.engormix.com>.
- Douglas, M., Meter, C., Boling, S., Parson, C. & Baker, D. (2000). Nutritional evaluation of low phytate and high protein corns. *Poult Sci.* 78: 1586.
- Driver, J., Atencio, A., Edwards, H. & Pesti, G. (2006). Improvements in nitrogen-corrected apparent metabolizable energy of peanut meal in response to phytase Supplementation. *Poult. Sci.* 85: 96.
- Godoy, S., Hernández, G. y Chicco, C. (2002). Efecto de la suplementación de fitasa microbiana en la utilización de fósforo fítico en pollos de engorde alimentados con dietas a base de maíz –soya. Instituto de Investigaciones Zootécnicas (INIA). Maracay, Venezuela. *Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre, 508-512, 2002.* Disponible en <http://www.saber.ula.ve>.
- Hall, J., Couse, J., & Korach, K. (2001). The multifaceted mechanisms of estradiol and estrogen receptor signaling. *J. Biol. Chem.* 276: 36,869
- Ingalls, F. (2009). Relación: rentabilidad de la producción y eficiencia alimenticia en 10 granjas de pollo de engorda en México. Disponible en <http://www.tuobra.unam.mx>.
- Juampere, J., Pérez, A., Angulo, E. & Brafaw, J. (2005). Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on

- nutrient digestibility in broilers. *Poult Sci.* 84: 571.
- Kemme, P. (1998). Phytate and phytases in pig nutrition. PhD. Thesis. Agricultural University of Wageningen. Holanda. Disponible en <http://journals.cambridge.org>.
- Keshavarz, K. & Autic, R. (2004). The use of lowprotein, low phosphorus, amino acid and phosphorus excretion. *Poult. Sci.* 83: 75.
- Kornegay, E. (2001). Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity. *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CABI Publishing, New York. pp 237-271.
- Lan, G., Abdullah, N., Jalaludin, S. & Ho, Y. (2002). Efficacy of supplementation of a phytase producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. *Poult. Sci.* 81: 1522.
- Leeson, S. (2009). XII Curso de especialización FEDNA. Ontario. Canadá. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es>.
- Lumpkins, B. & Botal, A. (2005). The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poult. Sci.* 84: 581.
- Maenz, D., Engele-Schaan, C., Newkirk, R. & Classen, H. (1999). The effect of minerals and mineral chelators on the formation of phytase-resistant and phytase-susceptible forms of phytic acid in solution and in slurry of canola meal. *AnimFeedSci. &Tech.* 81: 177.
- Mattiello, R. (2009). Alimentación y nutrición en aves de jaula. Facultad de Ciencias Veterinarias-UBA, Argentina. Disponible en <http://www.grupo-inn.net>.
- Méndez, J. (2008). Fitasas en avicultura. XIV Curso de Especialización. Avances en nutrición y alimentación animal. Disponible en <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/98CAPVI.pdf>.
- Moran, E. (2004). Use of exogenous corn-soybean meal enzymes to relieve food pathogen infections in broilers. *Arkansas Nutrition Conference Proc.*
- Mullaney, E., Daly, C., Kim, T., Porres, J., Lei, X., Sethumdhavan, K. and Ullah, A. (2002). Site - directed mutagenesis of aspergillus niger NRRL 3135 phytase at residue 300 to enhance catalysis at pH 4.0. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 297: 1016-1020.
- Nahm, K. (2002). Efficient feed nutrient utilization to reduce pollutants in poultry and swine manure. *Environmental Science and Technology* 32:1.

- Namkung, H. & Leeson, S. (1999). Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and acids in broiler chicks. *Poult Sci.* 78: 1317.
- National Research Council (NRC). (2004). . Requerimientos nutritivos de los animales domésticos. México, México. Edit. NRC. pp 15 – 17.
- Nowycky, M. & Thomas, A. (2002). Intracellular calcium signaling. *J. Cell Sci.* 115: 3715.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2007). Como enfrentarse a la interacción entre la ganadería y el medio ambiente. Disponible en:
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meetina/Q11/i9421s.pdf>.
- Fuente, M., Cortes, C. y Ávila, G. (2002). Efecto de la adición de fitasa sobre la fuente de fósforo inorgánico en dietas para gallinas de postura. VIII Jornada médico avícolas. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, UNAM.
- Oyango, E., Bedford, M. & Adeola, O.(2005). Efficacy of on envolved *Escherichia coli* phytase in diets of broilers chicks. *Poult Sci.* 84: 248.
- Pandey, A., Szakacs, G., Soccol, C., Rodriguez, J. & Soccol, V. (2001).Production, purification and properties of microbial phytases. *Bioresource Technology* 77: 203.
- Payne, R., Lavergne, T. & Southern, L.(2005).A comparison of two sources of phytase in liquid and dry forms in broilers. *Poult Sci.* 84: 265.
- Peebles, E.,Branton, S., Burnham, M., Whitmarsh, S.& Gerard, P. (2007). Effects of supplemental dietary phytase and 25-hydroxycholecalciferol on the blood characteristics of commercial layers inoculated before or at the onset of lay with the F-Strain of *Mycoplasma gallisepticum*. *Poult. Sci.* 86: 768.
- Pizzolante, C. (2000). Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte. Tesis de Doctorado, Facultad de Zootecnia, Universidad Federal de Viçosa. 100 p.
- Plumstead, P., Lenfestey, B., Brake, J. & Bedford, M. (2004). Comparative efficacy of two thermotolerant microbial phytases. 2 Broiler livability and skeletal development. *Poult Sci.* 83: 1755.
- Ravindran, V., Selle, P. y Bryden, W. (1999).Efectos de la suplementación de fitasa, individualmente y en combinación con glycanasa en el valor nutritivo del trigo y la cebada. Australia. *Poultry Sci.* 78: 1588 - 1595.

- Rhône-Poulenc. (2003). Sistemas de alimentación. Feed formulation guide. Disponible en <http://www.etsia.upm.es>.
- Rodehutschord, M. (2011). Avances en la valoración del fósforo en aves. XXVU Curso de Especialización FEDNA, Madrid, noviembre de 2011. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.
- Runho, R., Gomes, P., Rostagno, H., Albino, L., Lopes, P. & Pozza, P. (2001). Exigencia de fósforo disponible para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 días de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30: 187
- Rutherford, S., Cheng, T., Morel, C. & Moughan, P. (2004). Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acid in a low phosphorus diet for broilers. *Poult Sci*. 83: 61.
- Santomá, G. (2011). Programas de alimentación en broilers y pollo alternativo. TECNA, S.A. Barcelona, España. Disponible en <http://www.etsia.upm.es>.
- Sebastian, S., Touchburn, S., Chávez, E. and Lague, P. (2002). The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed com-soybean diets. *World's Poultry Sci. J.* Vol. 76: 760-1769.
- Selle P., Ravindran, V., Caldwell, R., Bryden, W. (2000). Phytate and phytase: consequences for protein utilisation. *Nutr. Res. Rev.* 13: 255 a 278.
- Selle, P. (2011). Dietas para broilers. Nuevas perspectivas sobre la inclusión de fitasa. Poultry Research Foundation y Universidad de Sydney, Australia. Disponible en <http://albeitar.portalveterinaria.com>.
- Selle, P.; Bryden, W.; Pittolo, P.; Ravindran, G. & Ravindran, V. (2003). Influence of phytase and xylanase supplementation on growth performance and nutrient utilization of broilers offered wheat-based diets: *Asian-Australasian J of Anim Sci*, 16: 394.
- Shastak, Y., Witzig, M. y Rodehutschord, M.(2011). In: Proc. I£h European Symposium on Poultry Nutrition, Cesme, Izmir, Turkey.
- Show, R.; Douglas, M.; Babal, A.; Persia, M. & Parson, C.(2003). Efficacy oh high available phosphorous corn in laying hens diets. *Poult. Sci*. 82: 1037.
- Soto, M. & Wyatt, C. (2000). Use of feed enzymes to realice the full potential of alternative feed ingredients. *Zootecnia International*.12: 343.
- Turk M., Sandberg, A., Carlsson, N.andLid, T. (2000). Inositol hexaphosphate hydrolysis by baker's yeast.Capacity, kinetics and degradation producís. X

- Agrie. Food Chem. 48: 100 - 104.
- Viveros A., Centeno C, Brenes A., Canales R., Lozano A., (2000). Phytase and acid phosphatase activities in plant feedstuffs. X Agrie. Food Chem. 48: 4009-4013.
- Viveros, A., Arija, C., Centeno , Brenes, A. (2010). Efecto de la administración de fitasas de origen vegetal y microbiano sobre la utilización del fósforo en pollos broilers. Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Ciudad Universitaria, Madrid, España.
- Waldroup, P, Kersey, J., Saleh, E., Fritts, C., Yang, F. Stilborn, H., Crum, R. & Raboy, V. (2000). Non phytate phosphorous requirement and phosphorous excretion of broilers chicks fed diets composed of normal or high available phosphorous corn with and without microbial phytase. PoulSci 78: 1451.
- Ward, N. (2002). Phytase stability may be improved by new technology. Feedstuffs. March 4, 2002.
- Wyss, C.; Bedford, M. & Waldroup, L. (2002). Role of enzymes in reducing variability in nutritive value of maize using the ileal [digestibility method. Proc. Aust. Poul. Sci. Sym. 11. p 108.
- Yi, Z. & Kornegay, E. (2000). Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs. Anim Feed Sci. and Tech. 61: 361.
- Zhang, Z., Marquardt, R., Guenter, W., Cheng, J. y Han, Z. (2000). Predicción del efecto de enzimas en el rendimiento de pollos al ser agregadas a las dietas basadas en cereales: uso de un modelo logarítmico-lineal modificado. República de China. 2000. Poultry Sci. 78: 1757-1766.

Documentos electrónicos:

1. <http://www.avipunta.com>. 2009. Alimento para pollos de engorde.
2. <http://www.bioalimentar.com.ec>. 2011. Bioalimentar, Plan de alimentación para pollos de engorde.
3. <http://www.ceba.com>.2009. CEBA. Manual pollo de engorde y gallinas de postura.
4. <http://www.cobb-vantress.com>. 2008. COBB Guía de manejo del pollo de engorde.
5. <http://www.elsitioavicola.com>. 2012. Se consumen 32 kilos de pollo al año

