

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

FITASA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA

POR:

PEDRO EDGARDO MOLINA SALAZAR

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

FITASA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA

POR:

PEDRO EDGARDO MOLINA SALAZAR

GUSTAVO ALONSO ARDÓN, M.Sc.

Asesor Principal

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A **DIOS TODO PODEROSO** por iluminarme, a seguir el buen camino, por estar a mi lado en todo momento de mi vida y darme fortaleza, fuerza y salud en este largo camino por haberme apoyado en mantenerme siempre firme a mi lucha hasta el fin de mi carrera, y porque me ha permitido triunfar en mi vida académica.

A mis padres, **Víctor Molina y Santa María Salazar**, por haber confiado en mí, por su apoyo que me han brindado cuando más los necesite, por los principios y consejos que me han inculcaron desde pequeño, los admiro mucho a pesar de los problemas que hemos pasado siempre me brindaron su apoyo y gracias a ellos el día de mañana seré un profesional más de bien.

A mis hermanos, **Víctor Molina, Manuel Molina y Ramón Molina**, por haber estado siempre de acuerdo a que siguiera en mi carrera universitaria, por estar siempre a mi lado en mis momentos de alegrías y tristezas y por su apoyo moral.

A todos mis familiares, y amistades que de una u otra forma me apoyaron y estuvieron conmigo en el tiempo y momento oportuno cuando más lo necesitaba.

A mi alma mater **Universidad Nacional de Agricultura**, donde me brindó la oportunidad de formarme y crecer profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Primeramente a **Dios Todo Poderoso** por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles de mis estudios y de mi vida, por iluminarme, darme sabiduría, fortaleza y salud y por haberme permitido culminar mis estudios con éxito.

A la **Universidad Nacional de Agricultura**, por ser mi Alma Mater y darme la oportunidad de ser un graduado más de ella de las ciencias agrícolas. Y a la empresa **ALIMENTO** por haberme facilitado la enzima fitasa.

A mis **Compañeros y Amigos**, por darme su apoyo cuando más los necesite, por haber estado conmigo en las buenas y en las malas, por haber estado en las noches de desvelo conmigo.

A todos los **Empleados de la Universidad de Agricultura**, por su valiosa colaboración que me prestaron en el transcurso de mi trabajo de investigación.

A mis asesores, **M.Sc. Gustavo Alonso Ardón, Dr. Lisandro Zelaya, M.Sc. Héctor Leonel Alvarado** por su valioso tiempo y apoyo que me dedicaron para hacer posible este trabajo de investigación.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA -----	ii
AGRADECIMIENTO -----	iii
LISTA DE CUADROS -----	vii
LISTA DE FIGURAS -----	viii
LISTA DE ANEXOS -----	ix
RESUMEN -----	x
I. INTRODUCCIÓN -----	1
II. OBJETIVOS -----	2
2.1 GENERAL. -----	2
2.2. ESPECÍFICO. -----	2
III REVISIÓN DE LITERATURA -----	27
3.1 Nutrición avícola -----	27
3.2 Digestión -----	32
3.3 Fósforo de origen vegetal -----	34
3.4 Calcio y fósforo -----	35
3.5 Consumo de alimento y ganancia de peso -----	38
3.6 Eficiencia alimenticia -----	39
3.7 Rendimiento de la canal -----	39
3.8 Mortalidad -----	40
3.9 Grasa abdominal -----	40
3.10 Eficiencia alimentaria -----	41

3.11 Enzimas -----	41
3.12 Origen de la enzima fitasa -----	43
3.13 Actividad de la enzima fitasa -----	45
3.15 Efectos de extrafosfóricos de la fitasa -----	46
3.16 Fitato y los minerales -----	46
3.17 Formular con fitasa -----	47
3.18 Impacto en la proteína -----	48
3.19 Fuentes de fitasa -----	48
3.20 Actividad enzimática en alimentos -----	49
IV MATERIALES Y MÉTODO. -----	50
4.1. Localización del experimento -----	50
4.2. Materiales y equipo. -----	50
4.3. Manejo del experimento -----	51
4.4 Alimentación. -----	52
4.5 Programa preventivo -----	53
4.6 Sacrificio -----	54
4.7 Tratamiento. -----	54
4.8 Análisis estadístico -----	55
4.9 Variables respuesta. -----	55
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	34
5.1 Consumo de alimento -----	34
5.2 Ganancia de peso -----	37
5.3 Eficiencia alimenticia -----	38
5.5 Relación beneficio costo parcial -----	43
VI CONCLUSIONES -----	45

VII RECOMENDACIONES	46
VIII. BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	52

LISTA DE CUADROS

Cuadro.	Pág.
1. Necesidades alimenticias para pollos de engorde	28
2. Composición nutricional de Natuphos 5000 por kilogramo	42
3. Porcentaje de liberación de fósforo disponible a través de diferentes fitasas.	49
4. Relación de ingredientes y composición nutricional de las dietas evaluadas.	52
5. Programa preventivo de aplicación de medicamentos.	53
6. Tratamientos a evaluar	55
7. Consumo de alimento en gramos con su respectiva desviación estándar.	34
8. Ganancia de peso en gramos con su respectiva desviación estándar.	37
9. Valores de eficiencia alimenticia expresados en porcentaje con su respectiva desviación estándar.	39
10. Valores de rendimiento en canal expresado en porcentaje con su respectiva desviación estándar.	40
11. Valores de grasa abdominal expresado en porcentaje con su respectiva desviación estándar.	41
12. Valores de mortalidad con su respectiva desviación estándar.	42
13. Relación beneficio costo parcial	44

LISTA DE FIGURAS

Figura.	Pág.
1. Consumo de alimento (g) diario por tratamiento.	35
2. Ganancia de peso (g) diario por tratamiento.	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo.	Pág.
1. Cronograma de actividades.	52
2. Distribución de los tratamientos.	52
3. Registro de sacrificio de aves.	53
4. Análisis de varianza para consumo de alimento.	53
5. Análisis de varianza para ganancia de peso.	54
6. Análisis de varianza para eficiencia alimenticia.	54
7. Análisis de varianza para rendimiento de canal.	54
8. Análisis de varianza para grasa abdominal.	54
9 . Análisis de varianza para mortalidad.	55

Molina Salazar, P. 2013. Utilización de fitasa en la alimentación de pollos de engorda. Catacamas Olancho. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Honduras. 65 pág.

RESUMEN

La investigación se realizó en las instalaciones de la granja avícola de la Universidad Nacional de Agricultura, en Catacamas Olancho, con el objetivo de evaluar el consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia alimenticia, rendimiento en canal, grasa abdominal, mortalidad y la relación beneficio-coste parcial de los pollos, utilizando tres tipos de alimentación en su dieta (T₁ con una dieta normal, T₂ con fitasa, T₃ misma relación al T₂ pero sin fitasa). Se utilizaron 375 pollos (hembras) de la línea comercial Arbor Acres, se sexaron el primer día de edad, se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones, teniendo un total de 15 unidades experimentales, con un área de 2.5 m² cada una, en cada unidad experimental se colocaron 25 pollos a una densidad de 10 aves por metro cuadrado. Las variables respuesta que mostraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) fueron: el consumo de alimento encontrando el menor dato en el T₃ de 3068.70 y el máximo valor en el T₂ de 3229.86 gramos/pollo, en ganancia de peso con valores que oscilan entre 1721.74 siendo el de menor valor en el T₃ y el máximo valor en el T₂ de 1881.23 gramos/pollo. La variable respuesta que no mostró diferencias estadísticamente ($P > 0.05$) fue: la eficiencia alimenticia con valores que oscilan entre 56.09 y 58.24%, el rendimiento en canal con valores de 70.62 hasta 70.87%, en deposición de grasa abdominal cuyos valores oscilan de 0.92 y 1.05%, y la mortalidad de 1.06 y 4.0%. La relación beneficio costo parcial indica que el T₂ (incluye la enzima fitasa) resultó ser el más rentable en comparación a los demás tratamientos, cuyo valor es de 1.78.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se evalúa de forma constante el contenido proteico de los alimentos para aves, con el propósito de obtener el mayor crecimiento con un costo bajo, debido también a las preocupaciones sobre el impacto que provoca la producción animal sobre el medio ambiente, La adición de enzimas (exógenas) en dietas para aves se ha convertido en una práctica común en los últimos años, los avances que se han obtenido han reducido el costo de producción y con esto son ahora más utilizados en las industrias de alimentos balanceados, la razón de su uso ha sido porque mejora la eficiencia de los nutrientes y mejoran la digestibilidad de la dieta.

En las aves, la disponibilidad del fósforo de ingredientes de origen vegetal es limitada, debido a que este elemento está unido a fitatos, En el caso de las aves esto es un problema, debido a que no cuentan con fitasas para hidrolizar el ácido fítico haciendo disponible el fósforo para el animal (Vargas, 2007 y López, sf). Por lo que es necesario complementar con fosforo inorgánico sus dietas. La enzima fitasa permite que haya una mayor absorción del fósforo disponible para el aprovechamiento del animal y así disminuyendo el uso de fosfatos inorgánicos y la contaminación ambiental, por excreción de fósforo.

Por esta razón es necesario buscar alternativas para reducir los costos de la alimentación, y así incrementar las ganancias contribuyendo con alimento de alta calidad cumpliendo con sus requisitos nutricionales del animal.

II. OBJETIVOS

2.1 GENERAL.

- Determinar el efecto de la fitasa en el rendimiento productivo de pollos de engorda.

2.2. ESPECÍFICO.

- Determinar la ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia en pollos de engorda en cada tratamiento.
- Determinar el rendimiento en canal, grasa abdominal y porcentaje de mortalidad en cada tratamiento.
- Determinar la relación de beneficio y costo en cada uno de los tratamientos a evaluar.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Nutrición avícola

La nutrición de las aves ha estado en investigación extensa, en la primera mitad del siglo XX fue una época de descubrimientos en nutrición, identificándose los nutrientes esenciales, las aves desempeñaron una función importante y en el esclarecimiento de sus funciones fisiológica (Austic y Nesheim 1994).

Nutrientes: Las aves tiene necesidades nutricionales mucho más complejas, requieren más de 40 compuestos químicos específicos y elementos químicos en la dieta, (Carbohidratos, Lípidos, Proteína, Vitaminas, Minerales, Agua), si en la ración hay una cantidad insuficiente del nutrientes, es probable que sustente la vida, pero solo hay un crecimiento lento en el joven o no hay reproducción en el adulto (Austic y Nesheim 1994).

La nutrición de las aves de corral es más delicada que la de cualquier otro animal, son totalmente distinta a los cuadrúpedos, digieren con mayor rapidez, respiran intensamente, su circulación sanguínea es más acelerada su temperatura corporal es 4 a 6 grados mayor, son más activas, son sensibles a las influencias ambientales, crecen más pronto, llegan a madurez sexual a edad temprana (Ensminger 1979).

La sangre tiene gran importancia ya que lleva las sustancias nutritivas a diversas partes del organismo y que acarrea los productos de desechos del metabolismo para su eliminación, el porcentaje de sangre es mayor en las aves que en los mamíferos (Leonard y Maynard 1955).

Cuadro 1. Necesidades alimenticias para pollos de engorde

Nutrientes (%)	Inicio	Final
Proteína	23	20
Energía metabolizable (Kcal/Kg)	3.200	3.200
Ácido linoleico	1.00	1.00
Arginina	1.25	1.10
Lisina	1.10	1.00
Metionina	0.50	0.38
Metionina + Cistina	0.90	0.72
Triptófano	0.20	0.18
Treonina	0.80	0.74
Calcio	1.00	0.90
Fósforo	0.45	0.35
Sodio	0.20	0.15

Fuente: NRC 1994, citado por Ardón 2001

Los fitatos en la nutrición animal: El ácido fítico también denominado mio-inositol 1,2,3,4,5,6-hexa fosfato deshidrogenado (IP6), es un fosfato orgánico de estructura alcohólica cíclica, el fitato es considerado como un anti nutricional, a pesar de ser una fuente potencial de P, siendo un quelante de cationes, siendo un factor anti nutricional en cuanto a la disponibilidad de Ca, Mg y otros cationes dependiendo de su concentración en la dieta. El fitato posee carga negativa siendo capaz de ligarse con cationes bi y tri valentes, tales como Ca, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni y Zn formando complejos muy estables con una alta capacidad de unión lo que lleva a la reducción de la disponibilidad de estos minerales y del fósforo fítico para los animales (Vieiria y Angel 2010).

Proteína: Después del agua la proteína es la que entra en mayor cantidad en formación de los tejidos, el 50% del cuerpo extractado es proteína lo que nos indica que es indispensable para la vida. Las necesidades proteicas para los diferentes fines de producción son distintas, pues las aves en crecimiento necesitan más proteínas por tratarse en los primeros fases de

vida ya que crecen en esta época con mayor rapidez, las dietas de iniciación que se administran han de tener un 23% de proteínas total, dado que las necesidades de proteína de los pollos disminuyen con la edad suministrándolas raciones proteicas más bajas de un 21% (Torrijo 1976).

Según Bundy y Diggins (1987), las proteínas son esenciales en la alimentación de las aves domésticas, porque entran en la formación de la mayor parte de los músculos, órganos internos, piel y pluma. Las proteínas son complejos orgánicos (carbono, hidrogeno, azufre, oxígeno y nitrógeno), están constituidas por más de 20 aminoácidos, también se encuentran combinadas con carbohidratos, lípidos, minerales (Austic y Nesheim 1994). Las proteínas vegetales difieren entre si y de las proteínas animales, no hay dos proteínas que sean exactamente iguales en su conducta fisiológica (Leonard y Maynard 1955).

Energía: La medida más usual de energía utilizada en avicultura es la energía metabolizable expresada en Calorías/kilo, los mejores resultados se cosechan con fórmulas de alta energía (3,300 cal. E.M), piensos confeccionados con maíz y con grasa para poder llegar a tan altas cotas energéticas sin embargo el resultado económico de la producción estará en función del precio de las materias primas y fundamentalmente del costo de la energía aportada por estas (Torrijo 1976).

Los animales utilizan gran parte de sus alimentos para transformarlos en la energía que necesita para conservar las funciones corporales e impulsar las reacciones sintéticas del cuerpo, cuando un animal metaboliza un compuesto orgánico de su alimento, los productos finales son bióxido de carbono, agua y energía (Austic y Nesheim 1994).

Según Flores *et al* 2003, cuando se da la proteína en exceso, mucha se puede convertir en fuente de energía. Dentro de ciertos límites, la energía de un alimento afecta la cantidad consumida. Los pollos tiene la capacidad de regular su consumo de alimento, así que

comen menos de un alimento de alto contenido de energía y más de un alimento de baja energía. Esto se puede resumir de la siguiente forma:

- La disminución de la energía en el alimento reduce el peso a las 6 semanas.
- La disminución de la energía en el alimento aumenta el consumo total de alimento.
- El total de alimento consumido disminuye alrededor del mismo porcentaje que el aumento del contenido calórico de la ración.
- La disminución de energía del alimento resulta en la conversión de alimento más pobre.

Minerales: Necesitan minerales en casi todo su cuerpo, principalmente en los huesos. De su peso vivo del 3% al 4% es material mineral, los minerales forman parte importante de la sangre y el corazón dependiendo del balance para sostener isócronas sus palpitaciones, la carencia de algún mineral puede ser causa de condiciones digestivas anormales y de ciertos parálisis (Bundy y Diggins 1987).

Los elementos que se reconocen como indispensables en la dieta de las aves son calcio, fósforo sodio, potasio, magnesio, cloro yodo, hierro, manganeso, cobre, molibdeno, cinc y selenio, el cobalto se requiere solo como constituyente de la vitamina B₁₂, los elementos mayores que se designan en la dieta son calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio y cloro El resto de los minerales requeridos por lo general está distribuido de manera amplia en los ingredientes usados para las raciones de modo que no es necesario añadir complementos (Austic y Nesheim 1990).

Según Aviagen (2009), el calcio. Ejerce influencia sobre el crecimiento, la eficiencia alimenticia, el desarrollo de los huesos, la salud de las piernas, la función nerviosa y el sistema inmune. Es vital administrar el calcio en cantidades adecuadas en la dieta y en forma constante para lograr el óptimo rendimiento.

Vitaminas: Las vitaminas son esenciales en la alimentación avícola, estas son, A, C, D, E, K y el complejo B, la función de muchas vitaminas no se conoce pero se pueden medir las consecuencias cuando los alimentos no la proporcionan en cantidades necesarias (Bundy y Diggins 1987).

Las vitaminas son compuestos orgánicos, por lo normal no sintetizados por el cuerpo, que se requiere en cantidades muy pequeñas en la dieta y su función más frecuente es como coenzimas o reguladora del metabolismo, son 13 vitaminas requeridas por el ave clasificadas en liposolubles (A, D, E y K) y las hidrosolubles (tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, folacina, biotina, ácido pantoténico, piridoxina, vitamina B₁₂ y colina), las aves no requieren de vitamina C debido a que sus tejidos pueden sintetizar esta vitamina (Austic y Nesheim 1994).

Aminoácidos: Desde 1940 se empezó a prestar atención a su composición, ya que las proteínas al descomponerse atraviesan 5 fases (metaproteína, albumosas, peptonas, polipeptidos, y aminoácidos), de la cual la última es la más importante en la construcción y en la síntesis de las proteínas orgánicas. De todos los aminoácidos los pollos no pueden formar intraorgánicamente los 11, por lo que se debe suministrar en las raciones a su disposición; estos reciben el nombre de “esenciales o indispensables” y los que pueden formar en su organismo “no esenciales o secundarios” (Torrijo 1976).

Fibra bruta: Cuando las raciones para pollos de carne contienen niveles muy bajos de fibras favorece el picaje, máximo si el porcentaje proteico es inferior al 20% o el mínimo proteico animal no alcanza la cuarta parte de la ración, no obstante parece que la celulosa procedente de las plumas de la avena consta de una sustancia que inhibe la presentación del canibalismo (Torrijos 1976).

3.2 Digestión

Antes que los animales puedan usar cualquier nutriente de los alimentos, estos deben de experimentar un proceso de digestión que es esencial en el desdoblamiento en componentes más simples de moléculas grandes como proteínas, lípidos y carbohidratos mediante procesos químicos (hidrolítico), la digestión se lleva a cabo por enzimas que se encuentran en las vías intestinales, debido a que son capaces de catalizar, a la temperatura del cuerpo en soluciones diluidas y PH neutro (Austic y Nesheim 1990).

La parte principal de la digestión en los pollos ocurre en el intestino delgado, la degradación del almidón comienza en la boca continua en el buche y termina en el intestino delgado, la glucosa producto final de esta digestión se absorbe en el intestino delgado, los disacáridos maltosa y sacarosa así mismo pueden ser digeridos en azúcares simples en el intestino delgado, los lípidos también se digieren en el intestino delgado, la digestión de las grasas requiere la presencia de sales biliares producidas por el hígado y almacenadas en la vesícula biliar (Austic y Nesheim 1990).

Para la digestión de proteínas se requieren más enzimas que para los demás nutrientes debido a que cada enzima se especializa en la hidrólisis de ciertos enlaces en la molécula proteínica, la acción combinada de todas las enzimas degrada primero moléculas proteínicas en fragmentos menores llamados péptidos y luego en aminoácidos, los aminoácidos son producto de la digestión proteínica que son absorbibles por el animal, Normalmente las vitaminas y minerales no requieren digerirse como tales (Austic y Nesheim 1990).

Todos los productos de la digestión se absorben en el intestino delgado, atraviesan las membranas celulares intestinales mediante sistemas de transportes especializados que aseguran una absorción rápida y completa de los nutrientes digeridos (Austic y Nesheim 1990). La digestión se refiere a los cambios que ocurren en este aparato para hacer posible

que el alimento sea absorbido por la pared intestinal y penetre en la corriente sanguínea (North y Bell 1998).

Digestión bacteriana: Los rumiantes poseen una porción especializada del tubo digestivo donde tienen lugar la digestión por enzimas producidas por microorganismos, así los rumiantes a través de la acción de estos microorganismos son capaces de desdoblar la celulosa y otros carbohidratos complejos que son indigeribles por las aves, los pollos y pavos no poseen una porción especializada en sus vías intestinales donde pueda desarrollarse con eficiencia la digestión bacteriana de ciertos componentes de los alimentos, el paso de nutrientes a través del aparato digestivo de pollos y pavos es rápido (Austic y Nesheim 1990).

El ciego es el único lugar donde la digestión bacteriana es algo extensa, sin embargo solo una cantidad relativamente pequeña del total de alimento ingeridos por el animal entra en realidad al ciego y la digestión en ese órgano tiene escasa importancia en las aves (Austic y Nesheim 1990). No se conoce la función exacta de los sacos ciegos pero es evidente que tiene poco que ver con la digestión solo tiene lugar una mínima absorción de agua una ligera digestión de carbohidratos y proteínas además de alguna acción bacteriana (North y Bell, 1998).

Metabolismo: Los seres vivos consumen alimento para obtener los compuestos necesarios para producir energía o ganar sustratos para la síntesis de componentes corporales importantes, todos los nutrientes absorbidos deben experimentar reacciones catalizadas por enzimas corporales orientadas hacia estos fines (Austic y Nesheim 1990).

Gran parte de la energía liberada por el metabolismo de la glucosa se convierte en calor que si no se requiere para conservar la temperatura corporal se desperdicia, alrededor del 45% de la energía liberada durante la oxidación de glucosa puede capturarse por el animal como energía química atrapada en el compuesto fosforado de alta energía (Austic y Nesheim 1990).

El trifosfato de adenosina (ATP), puede proporcionar la energía necesaria para reacciones sintéticas como la formación de lípidos y proteínas o energía inmediata para la concentración muscular, de esta manera el metabolismo acopla reacciones donde la energía es liberada de los nutrientes con reacciones que requieren energía, las enzimas también catalizan la liberación de energía de los lípidos y de partes de la molécula de aminoácidos, de hecho el metabolismo final de proteínas lípidos y carbohidratos en CO₂, H₂O y energía ocurre en gran parte a través de una serie común de reacciones conocidas como el ciclo del ácido cítrico (Austic y Nesheim 1990).

3.3 Fósforo de origen vegetal

El ácido fítico se presenta como uno de los principales problemas en la alimentación a base de piensos de origen vegetal, cuando este tipo de alimento es dado a consumir a animales monogástricos, la falta de actividad de enzimas degradantes de las formas en que se presenta el ácido fítico en sus tractos digestivos (fitasas). Esto se produce ya que estos tipos de animales presentan una actividad fitasa muy reducida en sus tractos gastrointestinales lo que provoca que la baja biodisponibilidad de fósforo presente en ingredientes de origen vegetal, sea un problema a nivel de este tipo de alimentación, En cambio los rumiantes, si son capaces de digerir el fitato (Lerchundi 2006).

Para compensar las limitaciones del fósforo que se encuentra disponible en las fuentes de origen vegetal, generalmente los alimentos para los cerdos y aves tienen que ser suplementados con fosfato inorgánico, así se logra alcanzar los requisitos de fósforo de estos animales. Aunque también se intensifica el problema de contaminación ambiental (lerchundi 2006).

El uso de fitasas incrementa el contenido de fósforo disponible en los ingredientes de origen vegetal y, en general, será benéfico para la producción del pollo. La reducción del

fitato como resultado del uso de estas enzimas incrementa la disponibilidad del calcio y de otros minerales (Aviagen 2009).

3.4 Calcio y fósforo

Están relacionados entre sí en el metabolismo, se encuentran en los cuerpos combinados unos con otros el suministro insuficiente de uno u otro en la dieta disminuye el valor nutritivo de ambos (Leonard y Maynard 1955).

El calcio es un mineral metálico, bivalente, electropositivo y su forma iónica es como catión Ca^{+2} , El calcio desempeña un importantísimo papel en algunas de las funciones metabólicas del cuerpo como son: formación y mantenimiento de los huesos, contracción de los músculos esqueléticos, cardíacos y lisos, coagulación de la sangre, regulación del ritmo cardíaco en unión del sodio y el potasio, ganancia de peso (Díaz y Biomix 2011).

El fósforo es un elemento no metálico, electronegativo y su forma iónica es como constituyente del anión fosfato. Es uno de los componentes de mayor importancia en el hueso (aproximadamente el 80% del fósforo del cuerpo está presente en el esqueleto); forma parte importante de compuestos orgánicos implicados en casi todos los aspectos del metabolismo (Díaz y Biomix 2011).

El fósforo juega un papel importante en músculo, metabolismo energético, de los hidratos de carbono, grasas y aminoácidos, metabolismo de los tejidos nerviosos, química normal de la sangre, desarrollo del esqueleto; es componente de los ácidos nucleicos, algunas enzimas y coenzimas; está implicado en el almacenamiento y transporte de energía, de los compuestos fosforilados de glucosa y sus derivados y de otros azúcares y compuestos de alta energía como ADP, ATP y creatina fosfato. (Díaz y Biomix 2011).

Relación entre el calcio, fósforo y vitamina D: La nutrición suficiente depende de tres factores: cantidad suficiente de cada elemento, conveniente relación, y presencia de la vitamina “D”, una dieta que contenga alto contenido de calcio y de fósforo normal no produce eficaz asimilación, aun cuando el fósforo esta en cantidades suficientes, lo mismo ocurre cuando tal relación es invertida, los valores de la relación calcio-fósforo están entre 2:1 y 1:2, la relación optima varia un tanto según las cantidades de esos elementos, cuando hay mucha vitamina “D” tiene menos importancia la relación entre dichos elementos, pues se aprovecha mejor (Leonard y Maynard 1955).

El fósforo en los tejidos blandos: Las grandes cantidades de fósforo que se encuentran fuera de los huesos forman combinaciones orgánicas como son las, fosfoproteínas, nucleoproteínas, fosfolípidos, fosfocreatina, hexosafosfato y otras (Leonard y Maynard 1955).

El fósforo en la sangre: La sangre considerada globalmente contiene de 35 a 45 mg de fósforo por 100 c.c., la mayor parte de la cual está en la células, este elemento se presenta principalmente en combinaciones orgánicas, en los periodos de buena salud su nivel oscila entre 4 y mg por 100 c.c., según la edad de la especie, el nivel de fósforo inorgánico en la sangre está regulado por los factores que promueve la asimilación del calcio y del fósforo (Leonard y Maynard 1955).

Los compuestos de fósforo en la sangre sirven generalmente para las fosforilaciones que se verifican en el curso del metabolismo de los azúcares, los niveles de calcio y fósforo en la sangre son importantes indicadores del estado de nutrición de esos elementos (Leonard y Maynard 1955).

Aunque es el mayor constituyentes de la sangre el fósforo juega parte importante en el proceso metabólico y se encuentra en células, enzimas y otros compuestos corporales, no

todo el fósforo en el alimento se encuentra disponible para el pollo, generalmente los pollitos pueden utilizar entre el 30% del total del fósforo vegetal mientras que las aves adultas usan un promedio de 75% (North y Bell 1998).

Absorción y excreción del calcio y del fósforo: La nutrición cálcica y fosfórica dependen en primer lugar de la absorción y en segundo lugar que sea depositado en los huesos, es evidente que la absorción de calcio y fósforo es favorecida por los factores que ayudan a mantenerlos en solución, un medio ácido evita la formación de fosfato tricálcico que es insoluble y por lo tanto inabsorbible (Leonard y Maynard 1955).

Las grandes dosis de hierro, aluminio y magnesio estorban en la absorción del fósforo porque forman fosfatos insolubles. Un exceso de calcio o de fósforo dificulta la absorción del otro elemento, pues el calcio y el fósforo absorbido pueden ser rápidamente excretados si no existen condiciones favorables para su acumulación en los huesos, por esta razón a los nutricionistas les interesa la absorción neta (Leonard y Maynard 1955).

Una de las funciones de la vitamina “D” es facilitar la absorción de calcio y de fósforo a través de la síntesis de la proteína transportadora de calcio, la lactosa puede favorecer la absorción por interacciones con las células de la mucosa intestinal con lo que aumenta su permeabilidad a los iones de calcio (Maynard *et al.* 1981).

Depósito y movilización del calcio y del fósforo: Los huesos no solo tienen funciones estructurales sino que también sirven para el almacenamiento de calcio y fósforo los que pueden ser movilizados para cubrir las necesidades del cuerpo cuando su asimilación es inadecuada, la trabécula cuenta con una estructura reticulada que constituye el asiento principal de las reservas de calcio y de fósforo que allí se depositan y quedan disponibles para ser movilizados en el momento que el cuerpo las requiera en especial cuando los niveles alimentarios son deficientes (Maynard *et al.* 1981).

Contenido de calcio y fosforo en los alimentos: Tanto los forrajes como los concentrados varían en su contenido de calcio y fósforo, algunas combinaciones constituyen una fuente adecuada de estos minerales otras son deficientes por completo, para la nutrición apropiada de calcio y fósforo es indispensable conocer la composición de los alimentos para considerar los minerales al formular sus raciones y la información necesaria para saber cuánto necesita de fuentes adicionales de estos elementos (Maynard *et al.* 1981).

Deficiencia de fósforo y apetito: La deficiencia de fósforo provoca la pérdida del apetito y en muchas ocasiones, lo que ocasiona apetito depravado o “pica”, que consiste en la avidez por comer huesos, madera, ropa, y muchos otros materiales a los que pueden tener acceso los animales (Maynard *et al.* 1981).

Calcio, fósforo y magnesio: Estos elementos son constituyentes del hueso, la ceniza de un hueso contiene alrededor de 25% de calcio, 12% de fósforo y 0.5% de magnesio, una cantidad insuficiente de calcio o fósforo en los alimentos conduce a mineralización defectuosa del hueso, estos elementos desempeñan otras funciones importantes, el fósforo es esencial en el metabolismo energético como constituyentes de nucleótidos y ácidos nucleicos y para la actividad de varios sistemas enzimáticos (Austic y Nesheim 1990).

El calcio es importante en la coagulación sanguínea y la contracción muscular, la porción mayor del magnesio se encuentra en el hueso pero también es importante como activador de un gran número de sistemas enzimáticos, en particular los que intervienen en el metabolismo energético (Austic y Nesheim 1990).

3.5 Consumo de alimento y ganancia de peso

Según Bayde (1998) el consumo de alimento varía con la raza, la textura, energía y el contenido proteínico de las raciones, el ambiente, el suministro de agua y los problemas originados por las enfermedades. El consumo de alimento semanal se va incrementando a medida el pollo aumenta de peso. El sexo es un factor que influye en el consumo de

alimento y ganancia de peso ya que los machos consumen más alimento que las hembras por lo que su ganancia de peso es mayor en los machos que en las hembras (North y Bell, 1998).

Bayde (1998) menciona que el consumo de alimento es un factor que se ve afectado por las temperaturas ya que con temperaturas fría el consumo es mayor y menor en temperaturas cálidas. El exceso de calor provoca una disminución en el consumo de alimento que trae como consecuencia una menor cantidad de alimento asimilado por el organismo. Al adicionar 600 FTU, es posible reducir en 0.075% el nivel óptimo biológico de fósforo disponible para máxima ganancia de peso, con lo que se reduce el uso de fósforo inorgánico en la dieta (López, *et al* sf).

3.6 Eficiencia alimenticia

Estudios realizados por López *et al* (sf), Para la eficiencia alimenticia no se encontraron diferencias al aumentar el nivel de Fósforo disponible en la dieta sino hasta llegar al nivel de 0.60% el cual fue diferente a los niveles 0.40 y 0.50% de Fósforo disponible, aunque estos últimos, fueron iguales al resto de los tratamientos. En cambio, encontrando que la eficiencia se mejora cada vez que se incrementa el nivel de fósforo en la dieta.

Según Bayde (1998), a medida el pollo de engorda envejece se va volviendo más grande, el consumo de alimento aumenta y la eficiencia alimenticia disminuye. Martínez (2012), menciona que la inclusión de harina de sangre en la dieta por encima del 3% se reduce la eficiencia alimenticia de los pollos.

3.7 Rendimiento de la canal

Actualmente la canal supera el 72% y de ella más del 70% del total del tejido adiposo de las canales es de fácil remoción (piel, grasa subcutánea, grasa abdominal o infundida), ventaja que no está presente del todo en las demás carnes (Quintana, 2011).

Según North y Bell, (1998), se refiere a las partes utilizadas como alimento, se calcula en función del peso vivo. Según (Grossclaus 1979 citado por Cerrato 2006), el peso de la canal oscila entre un 70%. El rendimiento en canal depende esencialmente de la raza, el sexo y la edad del animal. El peso vivo de los animales es un aspecto muy influyente en el en canal, cuanto mayor sea el peso vivo mayor será el rendimiento en la canal.

El rendimiento en canal puede ser afectado por el tiempo de retiro del alimento previo al sacrificio, y para reducir este problema, se recomienda retirar el alimento 8 a 12 horas antes de ser procesados (Northcutt y Savage, citado por Baide 1998).

3.8 Mortalidad

Cuando el sistema de producción funciona, la mortalidad global se sitúa en torno al tres o cuatro por ciento, pero la incidencia de patologías (procesos respiratorios) puede hacer que sobrepase el ocho o el diez por ciento. Las bajas diarias no deberían ser superiores al 0.8 - 1 por mil, aunque en las dos primeras semanas se puede superar el uno por ciento (Océano/Centrum s. f. citado por Martínez 2012).

3.9 Grasa abdominal

Cuando las diferentes dietas utilizadas en la alimentación de aves se exceden en la cantidad de energía alimentaria de la que es necesaria para el normal crecimiento y funcionamiento del ave se almacena como grasa y especialmente en la región abdominal del ave (Austin y Nesheim 1994). El depósito adecuado de grasa en los pollos de engorda es necesario para dar una buena apariencia a las canales y para mejorar la calidad de la carne, pero demasiada grasa es un detrimento (North y Bell 1998).

3.10 Eficiencia alimentaria

Los machos convierten más eficientemente el alimento a carne que las hembras; un macho que pese 2.01 Kg requiere de casi 3.48 Kg de alimento, mientras una hembra del mismo peso necesita 3.94 Kg de alimento la conversión de alimento es de 1.73 para machos y de 1.89 para hembras. A medida los pollos de engorda van creciendo se van volviendo menos eficientes, esto debido a que necesitan más alimento para poder continuar con un ritmo de crecimiento normal (North y Bell 1998).

3.11 Enzimas

Las enzimas para alimentos están ampliando la selección de materias primas a las que se les puede aplicar como ser a los granos de alta viscosidad, la mayoría de los nutricionista animal aceptan que las enzimas pueden mejorar la nutrición de las dietas en base de trigo y cebada al reducir su viscosidad de la digestión (Alimentos balanceados para animales 1997).

Se suponía que el maíz y el sorgo y la pasta de soya no ocasionaban problemas digestivos, sin embargo se sabe que producen cantidad de material viscoso que afecta la digestión y absorción, con la utilización de enzimas en estas dietas se mejora la productividad en las aves (UNAM 2002).

Los procesos de la vida dependen de la acción enzimática, el papel fundamental que representan en funciones orgánicas tales como el metabolismo energético, la secreción, conducción nerviosa, síntesis y degradación de los tejidos, son catalizadoras producidos por las células vivas, acelerando las reacciones físicas y químicas sin gastarse ellas mismas en el proceso y son específicas en su acción siendo efectivas en un corto intervalo de PH (Leonard y Maynard 1955).

Los factores que afectan a la respuesta obtenida con la suplementación enzimática son aquellos que fundamentalmente modifican la viscosidad de la digesta, edad de las aves, el procesamiento térmico, el genotipo y las condiciones ambientales del cereal (García 2000). Las enzimas son proteínas de estructura tridimensional sumamente compleja, son biocatalizadores cuya función es acelerar ciertas reacciones bioquímicas específicas que forman parte del proceso metabólico de las células. Aceleran en el organismo (Vargas 2007).

Fitasa: Las primeras investigaciones llevadas a cabo con fitasas fueron dirigidos por Nelson (1967). En varios estudios realizados por él, se alimentaron animales con dietas de soya baja en fosforo, la cual había sido tratada con fitasa proveniente de *Aspergillus ficuum*; y sus resultados mostraron respuestas impresionantes en el crecimiento y en la médula del hueso (Lerchundi 2006).

Las fitasas de origen microbiano obtenidas por vía fermentativa a partir de *Aspergillus Niger*, tienen un rango de actividad para el pH más amplio, entre 2,5 y 5,5, lo que les da muchas más posibilidades a nivel digestivo (Méndez 2010).

Cuadro 2. Composición nutricional de Natuphos 5000 por kilogramo

Nutriente	Porcentaje
Fósforo	1.15
Calcio	1
Lisina	120
Metionina	10
Cistina	30
Treonina	130
Triptofano	30
Isoleucina	120
Proteína cruda	2.25
EM	530 Kcal

Fuente: Alvarado... (2005)

La fitasa ha sido comercializada desde 1991, aunque el primer trabajo de detección de la actividad de esta enzima fue en el salvado de arroz realizado hace más de 100 años, las fitasas se clasifican en dos categorías según su origen (fúngicas o bacterianas) o en el lugar donde realizan la primera hidrólisis de fitato, las fitasas bacterianas tienen mayor estabilidad térmica y una mayor resistencia a la acción proteolítica en relación a las fitasas fúngicas, esa mayor estabilidad a la acción proteolítica explica los resultados encontrados que aumenta la cantidad de fósforo disponible en relación con fitasas fúngicas (Santos 2010).

Los resultados de la realización de 17 comparaciones en las que se incorporaba fitasa a la dieta a una tasa media de inclusión de 662 FTU/kg, concluyeron que la utilización de la energía basada en materia seca en broilers aumentó en 0,36 MJ/kg. Sin embargo, la adición de fitasa incrementó los coeficientes de digestibilidad ideal de la grasa (3,5%), la proteína (2,6%) y el almidón (1,4%) en dietas maíz-soja para broilers, lo que indica que la fitasa tiene efectos aditivos positivos sobre la utilización de la energía. Como la fitasa aumenta la digestibilidad de la proteína, cabría esperar un correspondiente aumento en energía (Selle 2010).

Natuphos: Natuphos 5000G es la fitasa comercial, obtenida a partir del hongo *aspergillus ficuum*, una unidad de fitasa (FTU) se define como la cantidad de enzima necesaria para liberar 1 m mol de fósforo inorgánico por minuto, de 0.0051 mol/lit. De fitato de sodio, en un pH de 5.5, a 37°C. lo cual como ingredientes lleva cascarilla de arroz, salvado de trigo, carbonato de calcio y extracto seco de la fermentación del *aspergillus niger*, siendo utilizada aves y porcinos, a la dosis recomendadas en aves de 120 g/tonelada y en cerdos 100 g/tonelada. Para alimentos sometidos a procesos térmicos, se recomienda exclusivamente la aplicación de natuphos 5000 l líquido después del pelletizado. (Acosta *et al* 2007).

3.12 Origen de la enzima fitasa

Fitasas de origen vegetal (6-fitasa): Fue la primer fitasa de origen vegetal en ser descubierta en cereales y leguminosas, El pH óptimo oscila entre 4,0 y 7,5; estando en su mayoría entre 5,0 y 5,6. La temperatura óptima de estas fitasas se encuentra entre 45 a 60°C, siendo inactivadas por el calor a partir de 70°C, La actividad fitásica de estas enzimas se ha demostrado que varía considerablemente entre los diferentes granos según la especie vegetal al comparar las fitasas vegetales con fitasas provenientes de otro origen (Lerchundi 2006).

Las fitasas vegetales suelen ser menos efectivas que las de origen fúngica; cuando es utilizada para su uso exógeno. Estudios han hallado un 10% menos de eficacia, esta menor efectividad se le ha atribuido al estrecho rango de pH y al mayor grado de inactivación de las fitasas vegetales en el estómago, y una óptima incorporación de ingredientes vegetales con alta actividad fitásica puede incluso eliminar completamente la suplementación de fosfatos inorgánicos en el caso de la dieta en el cerdo (Lerchundi 2006).

Fitasas microbianas: Están divididas en fitasas bacterianas y en fitasas fúngicas. Este tipo de fitasas han sido descubiertas en numerosas bacterias, levaduras y hongos, destacándose entre ellas las provenientes de los "*Aspergillus*", género de los hongos *ascomycetos*; siendo hoy en día este tipo de hongos los más utilizados en la producción industrial de fitasas (Lerchundi 2006).

Fitasas bacterianas: Se han detectado que se producen en una gran variedad de estos microorganismos (*Aerobacter aerogenes*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella aerogenes*, *Pseudomonas sp*, *Klebsiella pneumoniae*, y *Escherichia coli*), pero este tipo de fitasa presentan varios inconvenientes:

- Sólo la fitasa producida por el *Bacillus subtilis* es de carácter extracelular.
- Las fitasas bacterianas presentan bajo rendimiento productivo.
- Su pH neutro-alkalino que necesitan hacen prácticamente inútil su empleo como aditivos para piensos.

Este tipo de fitasas que también se encuentran en la flora microbiana del intestino grueso, aunque tienen una actividad hidrolítica sobre los fitatos, no ejercen ningún efecto beneficioso observable para el animal, ya que el fósforo liberado no se absorbe y es totalmente excretado (Lerchundi 2006).

Fitasas fúngicas (3-fitasa): Se conocen en una gran cantidad de especies de hongos y levaduras. Entre este tipo de fitasas, destacan las producidas por levaduras como *Schwanniomyces castellii* y *Saccharomyces cerevisiae* y las producidas hongos como *Aspergillus ficuum*, *A. niger*, *A. terreus*, *A. fumigatus*, *Emericella nidulans*, *Myceliophthora thermophila*, y *Talaromyces thermophilus*, son producidas principalmente por hongos del género *Aspergillus*, producen enzimas extracelulares del tipo 3-fitasa con capacidad hidrolítica del IP6 sobre el grupo ortofosfato situado en posición 3 de la molécula, dando lugar a *D-myo*-inositol 1, 2, 4, 5, 6-pentakifosfato y una molécula de ortofosfato (Lerchundi 2006).

Estas fitasas no hidrolizan completamente el ácido fítico (IP6), siendo incapaces de degradar el éster monofosfórico, para ello la adición de una fosfatasa ácida permite acelerar y completar esta desfosforilización. Los pH óptimos de este tipo de fitasas se encuentran entre 2,5 y 5,5 y su temperatura máxima de estabilidad es inferior a 80 °C (Lerchundi 2006).

3.13 Actividad de la enzima fitasa

Sin embargo, a medida que aumenta el fósforo inorgánico en la ración se inhibe la actividad de la enzima fitasa, cuando este se encuentra en cantidades suficientes para cubrir las necesidades del animal. Se conoce, además, que las enzimas 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 (INIA 2002).

3.14 Actividad de la enzima fitasa intestinal

El uso de fitasas exógenas en piensos de aves para incrementar la utilización del ácido fítico y reducir el flujo de fitatos hacia el ambiente es actualmente muy común. La presencia de fitasa endógena en la mucosa intestinal ha sido demostrada en aves, se supone generalmente que su actividad es muy baja cuando se formulan los piensos, sin embargo, el papel y regulación de la fitasa intestinal en la hidrólisis de los fitatos en aves no han sido estudiados (Adeola *et al* 2005).

Estudios previos han indicado que los niveles de vitamina D o de P en el pienso podrían tener un efecto importante, estudios recientes realizados con vesículas del borde de la mucosa han mostrado que el pH óptimo para la actividad de la fitasa de la mucosa intestinal es de alrededor de 6 por lo que las determinaciones realizadas a pH alcalino pueden resultar erróneas (Adeola *et al* 2005).

3.15 Efectos de extrafosfóricos de la fitasa

Ha sido un intento por aclarar el modo exacto de acción del fitato sobre la proteína de la dieta, estudios recientes demuestran que el fitato aumenta la excreción del Na en el intestino, lo que indica que esto podría poner en riesgo a la digestibilidad de aminoácidos (lisina), que dependen del transporte del Na, teniendo la capacidad de disminuir la eficiencia de sodio y potasio (Gómez 2010).

Una sobredosis de fitasa aporta beneficios muy evidentes al desempeño de los animales, experimentos realizados en pollos, pavos, gallinas ponedoras y patos, han demostrado beneficios muy significativos en el desempeño de los animales (Gómez 2010).

3.16 Fitato y los minerales

Cuando el fitato pasa a través del tracto digestivo, se pasa de un pH más bajo (estómago/molleja) a un pH neutro en la parte baja del intestino. Así, la carga negativa del fitato aumenta a medida que aumenta el pH y, como consecuencia, éste reaccionará con cationes (calcio, zinc y cobre). Como resultado, se forman sales estables que se precipitan en solución, el fitato tiene una gran afinidad por los cationes, es la afinidad al calcio la cual causa mayores problemas en la nutrición animal debido a la mayor concentración de este mineral en los alimentos (Santos 2013).

Pruebas *in vivo* han demostrado que las dietas ricas en calcio reducen la absorción del fósforo fítico en pollos de engorda y, un aumento en la concentración de fitato en la dieta, también aumenta los requerimientos del calcio por el animal. Una vez que la cantidad de calcio y de fitato en solución excede una concentración crítica, se forma sal y se precipita, reduciendo la cantidad de calcio disponible en el intestino para su absorción. El requerimiento de calcio para pollos de engorda aumenta de 0.60% a 0.95% cuando el nivel de fósforo fítico en la dieta aumenta de 0 a 0.25% (Santos 2013)

3.17 Formular con fitasa

Los programas de formulación de alimentos balanceados en su mayoría están basados en programación lineal, sin embargo la dosificación con fitasa no es lineal, sino curvilínea, por ejemplo la dosis habitual de fitasa de 500 FTU/Kg y utilizamos 1000 FTU/Kg, no vamos a duplicar el Fósforo disponible, sino sólo el 30% más (Gómez 2010).

Está reconocida por la utilización práctica y por la literatura científica una equivalencia de 500 UFT (unidades de fitasa) a 1g de fósforo, es decir, si añadimos 500 UFT al pienso se puede reducir el aporte de fósforo disponible en 0,1 %, el modo más práctico de utilización es dar un valor de fósforo disponible en la matriz a la fitasa. La dosis recomendada es de 500 UFT/kg y siempre asegurando que tenemos 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 (Vargas 2007).

3.18 Impacto en la proteína

Los procesos digestivos de las proteínas comienzan en el estómago, donde el pepsinógeno secretado se activa en pepsina, que es la enzima endógena que inicia la hidrólisis de las proteínas del alimento. Ensayos *in vitro* han demostrado que la presencia de fitato reduce la activación de la pepsina entre un pH de 0.8 y 2.8, Además de reducir la activación de la pepsina, la cual podría ser superada por la producción de pepsinógeno en el estómago, la presencia del fitato también reduce directamente la solubilidad de la proteína y consecuentemente su digestibilidad (Santos 2013).

La hipótesis inicial para explicar esta reducción en la digestibilidad es que a un pH bajo, la mayoría de las proteínas, particularmente aquellas con altas concentraciones de aminoácidos básicos, estarán por debajo de su punto isoeléctrico y por lo tanto cargadas positivamente. Esto atraerá la molécula de proteína hacia el fitato, el cual está cargado negativamente a pH bajo, produciendo un primer enlace fitato-proteína y por consiguiente un enlace proteína-proteína, reduciendo así la solubilidad y digestibilidad de las proteínas (Santos 2013).

Una nueva hipótesis propone que este enlace fitato-proteína no ocurre necesariamente, como pudiera ser una alta solubilidad del fitato a pH bajo, lo cual se esperaría que aumentara, en lugar de reducir la solubilidad de la proteína. Esta hipótesis afirma que la presencia del fitato en solución cambia la conformación del agua, moviendo las moléculas de agua más cerca del fitato y lejos de las moléculas de la proteína. Esta menor cantidad de agua alrededor de la molécula de proteína se traducirá en una reducción en la solubilidad de la proteína y como consecuencia en una menor digestibilidad (Santos 2013)

3.19 Fuentes de fitasa

Es importante entender que existe más de una fuente de fitasa con el potencial de liberar fósforo fítico en el tracto gastrointestinal de los animales, existen por lo menos 4 posibles fuentes de fitasa encontradas en el tracto gastrointestinal de los animales: 1) las fitasas presentes en los ingredientes, 2) las fitasa microbianas adicionadas a las dietas, 3) las fitasas producidas por la microflora endógena del tracto gastrointestinal, 4) las fitasas ligadas a la membrana de las células de la mucosa intestinal (Vieiria *et al* 2010).

Es importante entender también que las enzimas proteolíticas secretadas por el tracto gastrointestinal, con su Ph y temperatura pueden inactivar a las fitasas. Esta inactivación es dependiente de las características de cada fitasa y también de la protección que la misma tenga en contra de estos agentes (Vieiria y Angel 2010).

Cuadro 3. Porcentaje de liberación de fósforo disponible a través de diferentes fitasas.

Nutrientes	Fitasa E. coli mejorada	Fitasa E. coli estándar	Fitasa Aspergillus	Fitasa Peniophora
Fósforo disponible	100	92.30	76.92	51.53
Calcio	100	83.91	69.93	46.85
EM	100	92.22	76.88	51.55
Proteína	100	92.32	76.88	51.50
Treonina Total	100	93.10	75.86	51.72
Met+Cys	100	94.44	77.77	50.00
Lisina	100	90.00	80.00	50.00

Fuente: Arguello (2010).

3.20 Actividad enzimática en alimentos

Puede ser medida ya sea por la desaparición de los productos de reacción que esa enzima en particular cataliza, no mide la cantidad de enzima presente en la dieta, sino que cantidad de enzima presente acelera la desintegración del sustrato para formar productos (Santos y Arguello 2010).

IV MATERIALES Y MÉTODO.

4.1. Localización del experimento

La investigación se realizó en la granja avícola de la Universidad Nacional de Agricultura localizada a 6 Km de distancia de la ciudad de Catacamas Olancho, a una altitud de 370 m.s.n.m. y una precipitación promedio anual de 1150 mm y una temperatura promedio de 25 C°. Con una humedad relativa de 66.6% (Servicio Meteorológico Nacional 2012, citado por, Martínez 2012).

4.2. Materiales y equipo.

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo del experimento son: Instalaciones, balanza digital y de reloj, bebederos de galón y de campana, criadoras de calor, comederos colgantes, bandejas, termómetro, pala, colcho de madera, desinfectante, balde, pollos de engorda, fitasa, tubos pvc, vacunas, antibióticos, equipo de sacrificio, calculadora, lápiz, libreta de campo, cámara, computadora.

4.3. Manejo del experimento

En el experimento se utilizaron 375 pollos de engorda (hembras) de la línea comercial Arbor Acres, de 1 a 40 días de edad, en un arreglo completamente al azar dividido en 3 tratamientos con 5 repeticiones en cada tratamiento los cuales se ubicarán en 15 unidades experimentales con un área de 2.5 m² cada una, donde el factor a evaluar fue el uso de la enzima fitasa. En cada unidad experimental se colocarán 25 pollos, los pollitos bebe se alojaron en corrales de piso de cemento con colcho de madera, la densidad de población fue de 10 aves/m², como fuente de calor se utilizó criadora de gas infrarroja, la ventilación se controló con cortinas laterales registrando temperaturas por medio de un termómetro, el experimento tuvo una duración de 40 días.

En todo su ciclo de vida se llevó a cabo un registro semanal para medir el porcentaje de mortalidad, ganancia de peso y consumo de alimento y se estimó la eficiencia alimenticia. Al final del experimento se pesaron individualmente los pollos para evaluar el peso vivo, rendimiento de la canal y grasa, tomando un 20% (5 pollo) de muestra por cada unidad experimental

Los pollos llegaron de un día de edad, pero el experimento comenzó a partir de los 10 días, se trasladaron en ese tiempo a las unidades experimentales, colocando 25 pollos por unidad experimental. Los pollos se pesaron para llevar un control de peso, pesándose a cada semana de edad para determinar la ganancia de peso y el consumo de alimento y determinar la eficiencia alimenticia. El cronograma de actividades que se utilizó en este experimento se detalla en **anexo 1**

4.4 Alimentación.

El agua y el alimento se ofrecieron ad libitum utilizando bandejas de comedero los primeros 10 días, después se sustituyeron por comederos colgantes hasta el día del sacrificio, se les suministró el alimento de inicio hasta los 28 días de edad y el día 29 hasta 40 día de edad se les suministro el alimento final. La relación de ingredientes y la composición nutricional de las dietas que se utilizó en la investigación se detallan a continuación.

Cuadro 4. Relación de ingredientes y composición nutricional de las dietas evaluadas.

INGREDIENTES (%)	INICIO			FINAL		
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃
Soya	46.617	45.873	45.873	47.261	49.382	49.331
Maíz	42.064	43.910	43.920	40.091	39.264	39.264
Aceite	5.383	4.522	4.522	7.467	6.510	6.510
Melaza	2	2	2	2	2	2
Fosfato de Calcio	1.65	1.275	1.275	1.315	0.900	0.900
Carbonato de Calcio	1.193	1.257	1.257	0.947	1.079	1.079
Sal Común	0.453	0.453	0.453	0.404	0.404	0.404
Metionina	0.254	0.252	0.252	0.116	0.113	0.113
Secuestrante	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Premix*	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0	0	0
Fitasa	0	0.01	0	0	0.01	0
NUTRIENTES (%)						
EM (Kcal/Kg)**	3.025	3.025	3.000	3.225	3.225	3.195
Proteína	24	24	23.823	21.5	21.5	21.298
Calcio	1.05	1.05	0.972	0.85	0.85	0.786

Fósforo	0.5	0.5	0.422	0.42	0.42	0.333
Sodio	0.2	0.2	0.2	0.18	0.18	0.18
Arginina	1.922	1.912	1.906	1.712	1.699	1.692
Lisina	1.579	1.575	1.563	1.388	1.381	1.367
Metionina	0.667	0.666	0.664	0.496	0.495	0.492
Metionina + Cistina	1.07	1.07	1.0639	0.86	0.86	0.853
Treonina	1.053	1.056	1.046	0.95	0.954	0.942
Triptófano	0.349	0.349	0.347	0.311	0.310	0.308

* Premezcla de minerales y vitaminas.

** Energía Metabolizable.

En el T₃ la composición nutricional es menor en comparación al T₂ debido a que no hay una liberación de nutrientes por parte de la acción de la enzima fitasa el cual no está incluida en la dieta, la composición nutricional de la fitasa se muestra en el cuadro 2.

4.5 Programa preventivo

En el Cuadro 6, se observa el programa preventivo que se utilizó, este incluye la aplicación de vacunas contra enfermedades como New Castle, Gumboro, Bronquitis y el uso de vitaminas.

Cuadro 5. Programa preventivo de aplicación de medicamentos.

Día	Medicamento	Vía de aplicación
1 – 3	Vitaminas	Oral
7	Vacuna Newcastle + Bronquitis	Ocular/Oral
8 – 10	Vitaminas	Oral
14	Vacuna Gumboro	Ocular/Oral
15 – 17	Vitaminas	Oral
21	Vacuna Newcastle + Bronquitis	Ocular/Oral
22 – 24	Vitaminas	Oral

4.6 Sacrificio

Los animales se sacrificaron a la sexta semana de edad, ocho horas antes del sacrificio se les suspendió el alimento a los mismos para asegurar que el tracto digestivo estuviese limpio y disminuir el riesgo de contaminación de la canal. Para ello se seleccionaron cinco animales por unidad experimental de manera aleatoria y sistemática, esto mediante la identificación de cada una de las aves de cada unidad experimental con una etiqueta numerada, después se procedió a seleccionar el número de aves indicada según el sorteo.

Las aves se trasladaron al rastro donde se llevó a cabo el sacrificio. Donde se colgaron para que se desangren, el corte se realizó en la base de la cabeza sobre la vena yugular, esta actividad se realizó de forma manual con un cuchillo afilado. Los pollos ya muertos, se sumergieron en una caldera que contenía agua caliente para así lograr que las plumas se aflojaran de los folículos. El desplumado se efectuó en una desplumadora mecánica con un pollo en cada rotación.

Después se les cortaron las patas a la altura de las articulaciones del tarso, luego la cabeza con un corte en su base, se les eliminó la glándula uropígea ubicada cerca del pigóstilo, se les extrajeron las vísceras a través de una incisión en el abdomen, seguidamente se pesaron su canal, seguido de un lavado, posteriormente de ser lavados se sumergieron en agua con hielo durante diez minutos para que la canal se enfriara y así evitar su descomposición, después se escurrieron y finalmente se embolsaron las canales antes de ser almacenados en un congelador. En el proceso de sacrificio se registraron el peso vivo, peso en canal (caliente), peso de la grasa abdominal de cada pollo correspondiente a cada unidad experimental.

4.7 Tratamiento.

En el siguiente cuadro se describen los tratamientos evaluados, donde el T₁ corresponde a una dieta normal, en el T₂ es el único tratamiento que lleva la enzima fitasa y el T₃ tiene la misma relación de ingredientes del T₂ la única diferencia es que no lleva la enzima fitasa.

Cuadro 6. Tratamientos a evaluar

Tratamiento		Descripción
T ₁	Testigo	
T ₂	0.01% de fitasa	
T ₃	Misma relación de ingrediente del T ₂ pero sin fitasa	

4.8 Análisis estadístico

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

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

Y_{ij} = Variable respuesta del i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

μ = Media poblacional.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Efecto del error experimental del i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

Los resultados se analizaron mediante el programa estadístico SPSS y las pruebas de comparación de medias, tukey ($p < 0.05$).

4.9 Variables respuesta.

Ganancia de peso (G.P): Se tomaron lecturas semanalmente y al final del periodo restando al peso vivo final, el peso vivo inicial.

G.P = Peso final – peso inicial.

Consumo de alimento (C.A): Esta variable se calculó semanalmente y al final del experimento, a través de la diferencia entre alimento ofrecido y el rechazado.

C.A = Alimento ofrecido – alimento rechazado

Eficiencia alimenticia (E.A): Se calculó dividiendo la ganancia de peso entre el consumo de alimento y multiplicado por cien.

$$E.A = \frac{G.P. \text{ total}}{C.A. \text{ total}} \times 100$$

Rendimiento en canal (R.C): Se calculó dividiendo el peso de la canal entre el peso vivo del ave, multiplicado por cien.

$$R.C = \frac{\text{Peso de la canal}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$

Grasa abdominal (G.A): Se calculó dividiendo el peso de la grasa entre el peso vivo del ave, multiplicado por cien.

$$G.A = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$

Mortalidad (M): se calculó dividiendo la cantidad de aves muertas entre el número de aves iniciales, multiplicado por cien.

$$M = \frac{\text{Aves muertas}}{\text{Aves iniciales}} \times 100$$

Relación beneficio – costo parcial: se calculó basándose en el costo del alimento, el peso de la canal y el ingreso que se obtuvo por la venta.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Consumo de alimento

Los datos obtenidos para esta variable se muestran en el cuadro 7, en él se observan el comportamiento de consumo por cada tratamiento evaluado, existiendo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), cuyos valores oscilan entre 3,068.70 hasta 3,229.86 g/pollo, correspondiendo al T₃ y el T₂ respectivamente.

Cuadro 7. Consumo de alimento total de los pollos con su respectiva desviación estándar por tratamientos.

Tratamiento	Consumo de alimento (g/ave)
1	3151.07 ^{ab} $\pm$ 68.55
2	3229.86 ^a $\pm$ 60.06
3	3068.70 ^b $\pm$ 46.50

*Letras iguales corresponden a tratamientos estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

Las aves del T₃ consumieron una menor cantidad de alimento en relación a los demás tratamientos, tal diferencia fue 4.99% en comparación al T₂, esto es muy significativo ya que los ingredientes de las dietas de ambos tratamientos es a excepción de la enzima fitasa.

En la Figura 1, se representa gráficamente el consumo de alimento de los tratamientos evaluados en cada una de las semanas de crecimiento, donde se observa que hay una relación entre la edad de las aves y el consumo de alimento, que incrementó a medida avanzó la edad de las mismas, de tal manera que existe una relación directamente proporcional entre estas variables, North y Bell (1998) mencionan que a medida aumenta la

edad de las aves el consumo de alimento también incrementa, es notorio señalar que los pollos alimentados con el T₂ consumieron más alimento comparado con los demás tratamientos en todo el experimento. Maynard *et al.* (1981), mencionan que la deficiencia de fósforo provoca la pérdida del apetito, lo que provocó que en el T₃ obtuviera un menor consumo debido a que el aporte nutricional de fósforo fue menor en comparación a los demás tratamientos.

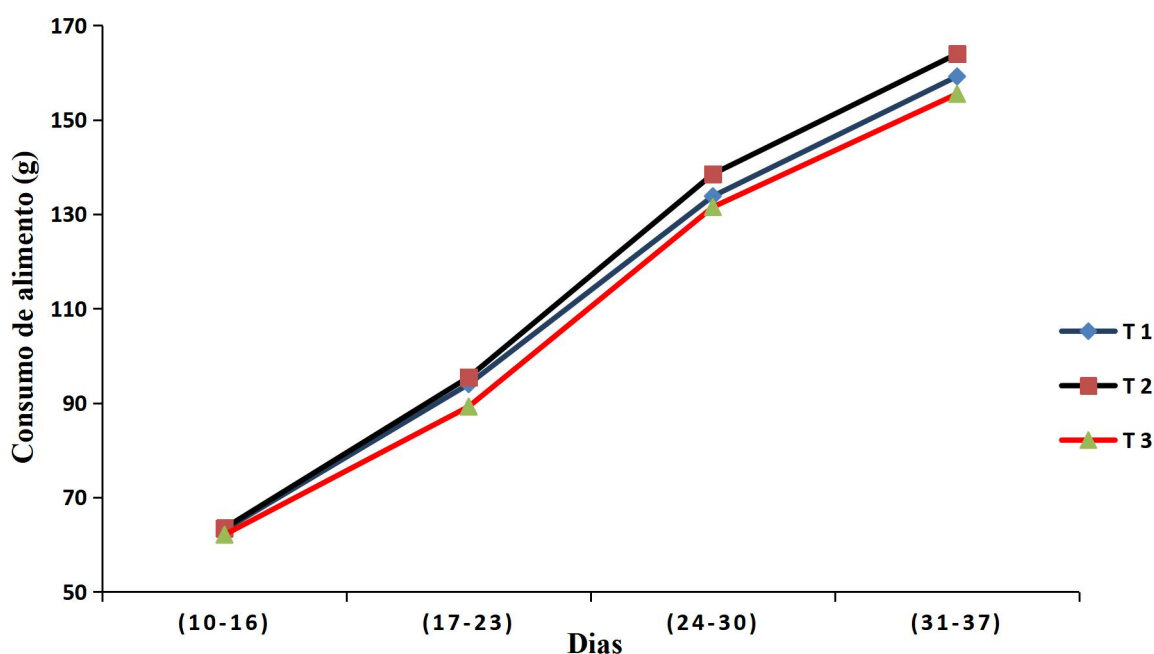


Figura 1. Consumo de alimento (g) diario por tratamiento.

En el cuadro 5, se aprecian los requerimientos nutricionales ofrecidos en los distintos tratamientos donde se observa que el fósforo disponible para las aves fue menor en el T₃ en comparación a T₁ y T₂, esta diferencia fue de 15.6% y 20.7% en las fases de inicio y final respectivamente. El T₁ y el T₂ tienen igual aporte nutricional de fósforo (0.5%, 0.42%) en las fases de inicio y final, el T₃ contiene el 0.422%, 0.333%, de fósforo en la dieta de inicio y final existiendo un déficit entre dichas fases de alimentación en comparación a los demás tratamientos.

También es notorio señalar los requerimientos nutricionales ofrecidos en los distintos tratamientos donde se observa el calcio disponible para las aves fue menor en el T₃ en comparación al T₁ y el T₂, esta diferencia fue de 7.43%, 7.53% en las fases de inicio y final respectivamente. El T₁ y el T₂ tienen igual aporte nutricional de calcio (1.05%, 0.85%) en las fases de inicio y final, el T₃ aportó el 0.972%, 0.786% de calcio, en inicio y final por ende existe un déficit entre dichas fases de alimentación en comparación a los demás tratamientos.

Maynard *et al* (1981), menciona que el suministro insuficiente de calcio o de fósforo en la dieta provoca un desbalance nutricional, aun cuando el fosforo está en cantidades suficientes, lo mismo ocurre cuando tal relación es inversa, los valores de la relación calcio-fosforo están entre 2:1 y 1:2 respectivamente.

Bayde (1998), menciona que el consumo de alimento varía con la raza, textura, energía, y el contenido proteico de las raciones. El aporte proteico de las dietas son de 24 y 21.5%, en el T₁ y T₂ (inicio y final), en comparación al T₃ que aportó 23.82 y 21.298% en las fase de inicio y final existiendo una menor cantidad proteica en dicho tratamiento.

El aporte nutricional de energía metabolizable en T₁ y T₂ en la fase de inicio y final contienen 3.025 y 3.255 Kcal/Kg, en comparación al T₃ con 3.000 y 3.195 Kcal/Kg en las fases de inicio y final, presentándose una diferencia menor en el T₃ en ambas fases de alimentación. Según Flores *et al* (2003), dentro de ciertos límites, la energía de un alimento afecta la cantidad consumida, así que comen menos de un alimento con alto contenido de energía y más de un alimento de baja energía, contrario con lo que sucedió en el T₃ el aporte de energía es menor y debieron de haber consumido más alimento en comparación a los demás tratamientos.

Por lo que el menor consumo de alimento que obtuvieron las aves en el T₃ en comparación a los demás, está relacionado con el fosforo disponible-calcio y proteína en la dieta.

5.2 Ganancia de peso

En el cuadro 8, se observan los resultados obtenidos para esta variable donde se demuestra un comportamiento diferente entre los tratamientos evaluados ya que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), cuyo valores oscilan entre 1721.74 y 1,881.23 g/pollo, correspondiendo al T₃ y T₂ respectivamente.

Cuadro 8. Ganancia de peso total de los pollos con su respectiva desviación estándar por tratamiento.

Tratamiento	Ganancia de peso (g)
1	1812.98 ^{ab} $\pm$ 54.18
2	1881.23 ^a $\pm$ 82.25
3	1721.74 ^b $\pm$ 78.96

*Letras iguales corresponden a tratamientos estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

En el cuadro anterior se observa que el tratamiento que obtuvo mayor ganancia de peso fue el T₂ que corresponde al tratamiento que incluye la enzima fitasa, el cual difiere estadísticamente del T₃. Las aves del T₃ obtuvieron menor peso en relación a los demás tratamientos, tal diferencia fue 8.48% en comparación al T₂, esto es muy significativo ya que los ingredientes de las dietas de ambos tratamientos es similar la única diferencia es que el T₂ tiene la enzima fitasa y el T₃ no la tiene.

En la Figura 2, se representa de manera gráfica la ganancia de peso diario de los tratamientos en cada una de las semanas de crecimiento, donde se muestra que la ganancia de peso a partir del día 10 al día 30 que se mantuvo de forma ascendente en los tratamientos, también se observó que el T₂ respondió mejor en cuanto a la ganancia de peso de las aves durante todo el experimento, siendo notorio señalar que en los días 31 al 37 tuvieron un descenso en esta variable en todos tratamientos, North y Bell (1998), mencionan que el aumento de peso se incrementa semanalmente hasta alcanzar un máximo alrededor de la

séptima semana pero luego decrece, no concuerdan con los resultados obtenidos en esta investigación ya que la ganancia de peso es creciente hasta la cuarta semana de edad luego se observa que los valores de ganancia empiezan a disminuir.

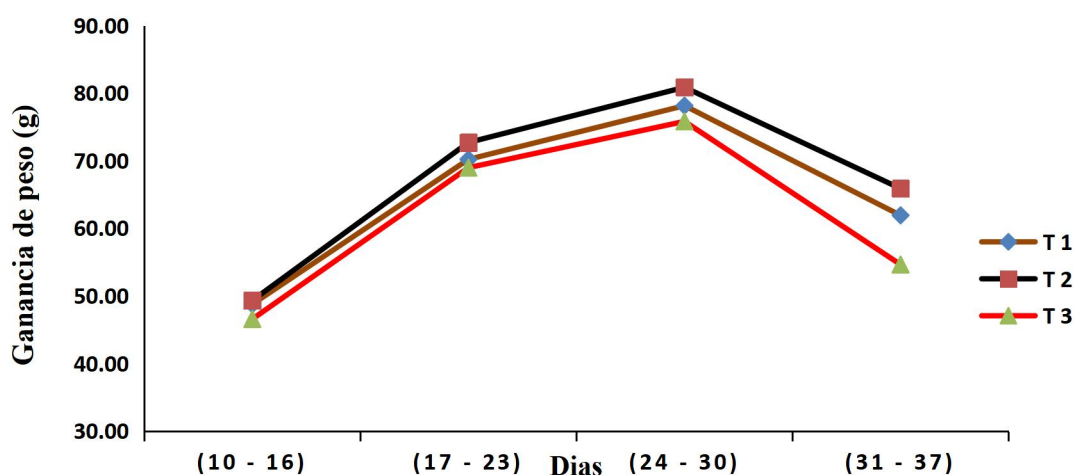


Figura 2. Ganancia de peso (g) diario de los pollos por tratamiento.

Vargas (2007), menciona según experiencias desarrolladas en aves se empleó una dieta basal sorgo + soya deficiente únicamente en fósforo inorgánico, la cual fue suplementada con 0, 0.1, 0.2 y 0.3% de fósforo inorgánico y con 250, 500, 750 y 1000 unidades de fitasa por kilogramo, los resultados indicaron que la suplementación de fósforo inorgánico a la dieta basal, incremento linealmente la ganancia de peso a los 21 días de edad, así como la cantidad de cenizas en hueso. También la ganancia de peso se mejoró linealmente hasta el nivel de adición de 750 unidades de fitasa, lo cual fue equivalente a la suplementación de 0.1 % de fósforo inorgánico.

5.3 Eficiencia alimenticia

Los datos obtenidos de eficiencia alimenticia se muestran en el cuadro 9, en él se observan que no se presentó diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los

tratamientos evaluados, cuyos valores oscilan entre 56.09 y 58.24% que corresponden al T₃ y T₂ respectivamente.

Cuadro 9. Valores de eficiencia alimenticia de los pollos con su respectiva desviación estándar por tratamiento.

Tratamiento	Eficiencia alimenticia (%)
1	57.53 ^a ± 0.99
2	58.24 ^a ± 2.07
3	56.09 ^a ± 2.05

*Letras iguales corresponden a tratamientos estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

En el cuadro anterior se observa los datos obtenidos en la variable mencionada de los tratamientos evaluados, en el cual presentaron un comportamiento muy similar, también se puede apreciar que la inclusión de la enzima fitasa en la dieta de los pollos en T₂ no tiene efecto significativo en cuanto a la eficiencia alimenticia, aunque fue el tratamiento que presento mayor consumo de alimento y ganancia de peso.

Estudios realizados por López *et al* (sf), reportan que la eficiencia alimenticia no fue diferente al aumentar el nivel de fósforo disponible en la dieta sino hasta llegar al nivel de 0.60% el cual difirió a los niveles 0.40 y 0.50% de fósforo disponible, encontrando que la eficiencia se mejora cada vez que se incrementa el nivel de fósforo en la dieta.

El nivel de fósforo disponible que aportó al T₁ y T₂ en la fase de inicio y final en el estudio realizado son similares (0.5 y 0.42%), en comparación al T₃ con (0.422 y 0.333%) en inicio y final (Cuadro 4).

5.4 Rendimiento en canal

Los resultados obtenidos de rendimiento en canal se muestran en el cuadro 10, en él se observa que no existe diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, cuyos valores oscilan entre 70.62% y 70.87%, correspondiendo al T₂ y el T₃ respectivamente.

Cuadro 10. Valores de rendimiento en canal de los pollos con su respectiva desviación estándar por tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento en canal (%)
1	70.71 ^a ± 2.36
2	70.62 ^a ± 2.15
3	70.87 ^a ± 1.95

En el cuadro anterior se observa que todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar en cuanto al rendimiento en canal por lo tanto la adición de la enzima fitasa en el T₂ en la dieta de los pollos no presentó un efecto significativo en esta variable. Según Quintana (2011), actualmente la canal supera el 72% y Grossklauss (1979) citado por Cerrato (2006), menciona que el rendimiento de la canal oscila entre un 70%, valores que son buenos para la industria avícola, el rendimiento en canal depende esencialmente de la raza, el sexo y la edad del animal.

Los resultados del rendimiento en canal no concuerdan con lo expresado por Grossklauss (1979) quien afirma que el rendimiento en canal está influenciado por el peso vivo del animal, ya que el T₂ difirió significativamente del T₃ en cuanto al peso vivo y a la ganancia de peso del pollo en el cual se muestra en el cuadro 9 respectivamente.

5.5 Deposición de grasa abdominal

Los resultados obtenidos de grasa abdominal se muestran en el cuadro 11, en él se observa que no existe diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los mismos tratamientos, cuyos valores oscilan entre 0.92% y 1.05%, correspondiendo al T₃ y el T₁ respectivamente, por lo tanto la adición de la enzima fitasa en el T₂ en la dieta de los pollos no provocó diferencia en esta variable.

Cuadro 11. Valores de grasa abdominal de los pollos con su respectiva desviación estándar por tratamiento.

Tratamiento	Grasa abdominal (%)
1	1.05 ^a $\pm$ 0.39
2	1.01 ^a $\pm$ 0.32
3	0.92 ^a $\pm$ 0.41

Estudios realizados por Martínez (2012), para la grasa abdominal quien empleó una dieta a base de maíz y soya, encontró diferencias al aumentar el nivel de harina de sangre en la dieta, tal suplementación fue de 0, 3, 6, 9%, los resultados indicaron que al incrementar el nivel de harina de sangre en la dieta disminuye el valor de la grasa abdominal, obteniendo valores de 1.33, 1.07, 1.09 y 0.88%, aunque el objetivo de la investigación es diferente es relevante mencionar que las cantidades de grasa abdominal es baja en ambos experimentos siendo esta favorable para los estándares de producción de la industria avícola.

5.6 Mortalidad

Los datos obtenidos para esta variable se muestran en el cuadro 12, en él se observan que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, cuyos valores oscilan entre 1.6 y 4.0% correspondiendo a los tratamientos 3 y 1 respectivamente. En el experimento se presentaron problemas de infarto debido a las altas temperaturas,

también debido a la presencia de amoníaco y catarro que manifestaron algunos pollos, lo cual es un factor que está muy relacionado con el estrés de las aves provocando la muerte de las mismas, además algunas aves presentaron ascitis el cual está íntimamente relacionado al proceso metabólico.

Es importante mencionar que la inclusión de la enzima fitasa (T_2) en las dietas para pollos no perjudica la salud de las mismas. Se realizaron necropsias a las aves muertas y no presentaron ningún hallazgo patológico, por lo que la mayor mortalidad se le atribuye al estrés calórico.

Cuadro 12. Valores de mortalidad acumulada de los pollos con su respectiva desviación estándar por tratamiento.

Tratamiento	Mortalidad (%)
1	$4.0^a \pm 4.89$
2	$2.4^a \pm 3.58$
3	$1.6^a \pm 2.19$

*Letras iguales corresponden a tratamientos estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

Los valores de mortalidad obtenidos para esta variable y en todo su ciclo productivo del experimento fue de 2.66% dato que está dentro de los rangos aceptables de una parvada normal. Océano/Centrum s. f. citado por Martínez (2012), mencionan que según el sistema de producción en donde funciona, la mortalidad global se sitúa en torno al tres o cuatro por ciento, pero la incidencia de patologías (procesos respiratorios) puede hacer que sobrepase el ocho o el diez por ciento. Por lo tanto los datos obtenidos en esta investigación coinciden con el estándar de una parvada normal.

5.5 Relación beneficio costo parcial

En el cuadro 13, se muestran los valores obtenidos de la relación beneficio costo parcial, los cuales fueron calculados basándose en el costo por concepto de la alimentación y los ingresos del producto de la comercialización del pollo en canal, dando como resultado el margen de ganancia obtenidos por cada tratamiento durante el ciclo productivo del pollo, se puede apreciar el margen de ganancia/pollo en el T₁ y T₃ con valores de Lps 34.25 y 32.94 en comparación con el T₂ el cual se obtuvo mayor margen de ganancia de Lps 36.91.

El margen de ganancia obtenido por libra de pollo en canal es de Lps 10.74 y 10.75 en cuanto al T₁ y T₃ sin embargo el T₂ es de Lps de 11.14. El costo unitario del T₂ fue menor con un valor de Lps 14.36 por libra de pollo en canal. Es importante mencionar que el T₁ y T₃ presentaron similar relación de beneficio-costos que fue de 1.73 a diferencia del tratamiento que se adicionó la enzima fitasa que fue de 1.78 indicando que al adicionar este ingrediente en la dietas de pollos de engorda se obtendrá mayor beneficio por cada unidad monetaria invertida.

Cuadro 13. Relación beneficio costo parcial

	Descripción	unidad	Tratamiento		
			1	2	3
1	Peso inicial	Lb	0.10	0.10	0.10
2	Peso final	Lb	4.59	4.75	4.40
3	ganancia de peso	Lb	4.49	4.65	4.30
4	Peso de la canal	Lb	3.19	3.31	3.06
5	Precio de venta	Lb/pollo	25.50	25.50	25.50
6	Valores de la canal	Lps	81.34	84.40	78.03
7	Precio de concentrado	Lps/Lb			
8	Inicio	Lps/Lb	6.9562	6.8607	6.8441
9	Final	Lps/Lb	6.6207	6.5126	6.4942
10	Consumo de alimento	Lb/pollo			
11	Inicio	Lb/pollo	3.40	3.40	3.40
12	Final	Lb/pollo	3.54	3.71	3.36
13	Total	Lb/pollo	6.94	7.11	6.76
14	Costo de alimento	Lps	47.09	47.49	45.09
15	Costo unitario/Lb (canal)	Lps	14.76	14.35	14.74
16	Margen de ganancia/ Lb	Lps	10.74	11.14	10.75
17	margen de ganancia/pollo	Lps	34.25	36.91	32.94
18	Relación beneficio-costo		1.73	1.78	1.73

Formulas

$$14 = (8*11) + (9*12)$$

$$15 = 14/4$$

$$16 = (6 - 149) / 4$$

$$17 = 6 - 14$$

$$18 = 6 / 14$$

V I CONCLUSIONES

Las variables respuesta que mostraron diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en cuanto a la adición de la enzima fitasa en la dieta para pollos de engorda fue el consumo de alimento y la ganancia de peso.

Desde la perspectiva económica las dietas con fitasa resultó ser la más rentable presentando un margen de ganancia de Lps 11.14 por libra de pollo en canal y una relación de beneficio costo de 1.78, cuyo valor supera a los demás tratamientos.

VII RECOMENDACIONES

Seguir utilizando la enzima fitasa en las dietas para aves de engorda ya que se obtuvo la mayor ganancia de peso y a la relación de benéfico costo parcial, y contribuye a la reducción de excreción de fósforo al medio ambiente.

Realizar estudios con otras enzimas, ya sean solas o combinadas, en diferentes líneas de pollos de engorda, con distintas densidades de población y diferentes tipos de ambientes o casetas.

Incluir más variables de respuestas en los estudios de fitasa como ser la evaluación de contenido de fosforó en las heces.

Evaluar las diferentes tipos de enzima fitasa que existen en el mercado en cuanto a la adsorción de fósforo y la relación de beneficio costo, en diferentes tipos de presentación del alimento (Harina y Pellet).

Realizar investigaciones con el estudio de la enzima fitasa mediante la comparación con otros trabajos realizados anteriormente; con el fin de obtener un mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte de las aves y evaluar la relación beneficio-costos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Acosta A. Lon Wo, E. Dieppa O, Febles, M. Almeida, M. Efecto de dos fitasas microbianas procedentes de *Aspergillus ficuum* y *Pichia pastoris* en el metabolismo mineral y comportamiento productivo del pollo de ceba. , vol. 41(1), 2007, Pág. 49-54

Adeola O. Ryan N. Dilger. Edward M. Onyango. Joshua A. Jendza. 2005. Utilización Del Fósforo En Aves Y Ganado Porcino: Actividad De La Enzima Fitasa Intestinal. 23 Pág.

Alimentos balanceados para animales. 1997. Países Bajos. Enzimas Para Dietas De Maíz-Soya Para Parrilleros. Alimentos Diseñados. 4(6): Pág. 22-24.

Alvarado, CE. 2005. Utilización de fitasa en la alimentación de pollos de engorda. Tesis Lic. Ing. Agr. Catacamas. HN. Universidad Nacional de agricultura.

Ardón, JJ. 2001. Uso de semolina de arroz en pollos de engorde en su etapa final. Tesis Lic. Ing. Agr. Catacamas, HN. Escuela Nacional de Agricultura.

Arguello, JR. Cholula, SA. Explotando los ahorros en costos que ofrece la fitasas de segunda generación. 2010.

Austic, R y Nesheim, M. 1990. Producción avícola. Q.F,B. Ma. Del Rosario Carsoli P. 1.ed. México D.F. 1990. El Manual Moderno. Pág. 199-245.

Austic, RE y Nesheim, MC. 1994. Producción Avícola. Q.F,B. Ma. Del Rosario Carsoli P. 3 ed. México D.F. 1994. El Manual Moderno. Pág. 199-245.

Aviagen, 2009. Arbor Acres. Suplemento sobre Nutrición del Pollo de Engorde.

Bayde, R. A. 1998. Evaluación de diferentes densidades de población en pollos de engorda. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Honduras. Escuela Nacional de Agricultura. 61 Pág.

Bundy, CA, y Diggins, RV. 1987. La Producción Avícola: Nutrientes y Formulas Alimenticias. Ángel Zamora De La Fuente. 1 ed. México 1987. Continental S.A. Pág. 478

Cerrato, 2006. Harina de aves en la dieta de pollos de engorde. Tesis profesional Ing. Agr. Catacamas, Olancho Honduras, Universidad Nacional de Agricultura. 50 p.

Díaz, G. Biomix S.A. 2011 el calcio y fósforo como-protagonistas en la nutrición de ponedoras Colombia, durante el XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura en Buenos Aires, Argentina, en sep de 2011. Disponibles en <http://www.elsitioavicola.com/articles/2137>.

Ensminger, ME. 1979. Producción Avícola. Trad. Dr. Rueda, CA et al.. 1 ed. Argentina 1979. El Ateneo. Pág. 51-73.

Flores, JM. Castillo, NG. Hernández, HR. 2003. Evaluación De Los Parámetros Productivos De Tres Líneas De Pollos De Engorde: Energía. Pág. 56

García, M. 2000. Evaluación De Complejos Enzimáticos En Alimentación De Pollos De Engorde. TESIS Doc. Madrid. Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos. 191 pág.

Gómez, GA. Efectos extrafosfóricos de las fitasa y ejemplos prácticos de formulación. (18-26). 2010.

Instituto De Investigaciones Zootécnicas Maracay (INIA). 2002. Efecto de la suplementación de fitasa microbial en la Utilización de fósforo fítico en pollos de engorde Alimentados con dietas a base de maíz – soya. Vol. Xii. Pág. 5.

Leonard A. Y Maynard, AB. 1955. Nutrición Animal. Trad. Eduardo Escalona. 3 ed. México D.F. Hispano Americano. Pág. 530.

Lerchundi, GN. 2006. Obtención De Enzima Fitasa A Partir De Una Cepa Del Hongo *Aspergillus Ficum*, Por Medio De Fermentación En Sustrato Sólido Y Sumergido. Tesis. Lic. En Bioquímica. Valdivia Chile. Instituto De Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos Facultad De Ciencias Agrarias. 164 Pág.

López, J. M. García, MC. M. J. Alcorta, JG. Y Martínez, AP. Sf. Estimación del nivel de fósforo con y sin adición de fitasa en pollos de engorda en iniciación. Colegio de Posgraduados Montecillo, México, México.

Martínez, AK. 2012. Utilización de la harina de sangre en la alimentación de pollos de engorde. Tesis Ingeniero Agrónomo. Catacamas Olancho Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. Pág. 57.

Maynard, LB. Loosli, JK. Hintz HF. Warner, GR. 1981. Nutricion Animal. Los Elementos inorgánicos y su metabolismo. Trad. Alfonso Ortega. 7 ed. Mexico D.F. Pag. 233-254.

Méndez, J. 2010. Fitasa en avicultura. XIV Curso de Especialización Avances En Nutricion Y Alimentación Animal. Pág. 8.

North, M. O y Bell, D. 1998. Manual de producción avícola. 3^{ra} edición. Editorial Manual Moderno. México D. F. Pág. 829.

Océano Centrum. S.f. Enciclopedia Práctica de Agricultura y Ganadería. Edit. Grupo

Océano. Barcelona, España. 913, 918, 926 p.

Quintana, JA. 2011. Manejo de las Aves Domésticas más Comunes. 4 ed. México D.F. Trillas. Pág. 326-345.

Santos, TT. Arguello, JR. Actividad enzimática en muestras de alimento: como evaluar los resultados de las pruebas. 2013.

Santos, TT. El uso de fitasa en la producción porcina. (37-43). 2010.

Santos, TT. El uso de fitasa en la producción porcina. (37-43). 2013.

Selle, PH. 2010. Dietas para broilers: Nuevas perspectivas sobre la inclusión de fitasa. Pág. 8.

Torrijo, JA. 1976. Cría del pollo de carne: Generalidades. AEDOS. 2^{da} Edit. Barcelona, España. GERSA. Pág. 282.

UNAM 2002. México D.F. Utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda. Veterinaria México. 33 (1): Pág. 1-9.

Vargas, GC. 2007. El uso de enzimas en la alimentación de aves. Tesis, médico veterinario zootecnista. Morelia,michoacán. Universidad michoacana de san nicolás de hidalgo. Pag. 71.

Vieira, SL. Angel, CR. Utilización de fitasa en la nutrición animal: de la teoría a la práctica. (37-43). 2010.

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades.

Actividad / semana	1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}	4 ^{ta}	5 ^{ta}	6 ^{ta}	7 ^{ma}	8 ^{va}
Desinfección de la caseta								
Recibimiento de pollos								
Aplicación de vacunas y vitaminas								
Alimentación								
Toma de datos								
Sacrificio								
Informe final								

Anexo 2. Distribución de los tratamientos.

T₁ R₁	T₃ R₄	T₂ R₂	T₃ R₅	T₁ R₅	T₂ R₄	T₃ R₁
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

T₂ R₁	T₁ R₂	T₃ R₂	T₂ R₃	T₁ R₄	T₃ R₃	T₂ R₅	T₁ R₃
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Anexo 3. Registro de sacrificio de aves.

N de pollo	Trat/Rep.	Peso vivo (g)	Peso canal (g)	Peso grasa (g)
1	1 1			
2	1 1			
3	1 1			
4	1 1			
5	1 1			
1	1 2			
2	1 2			
3	1 2			
4	1 2			
5	1 2			
1	1 3			
2	1 3			
3	1 3			
4	1 3			
5	1 3			
1	1 4			
2	1 4			
3	1 4			
4	1 4			
5	1 4			
1	1 5			
2	1 5			
3	1 5			
4	1 5			
5	1 5			

Conti.....

Anexo 4. Análisis de varianza para consumo de alimento.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	64945.268	2	32472.634	9.306	0.004**
Repetición	41875.245	12	3489.604		
Total	106820.513	14			

Anexo 5. Análisis de varianza para ganancia de peso.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	64036.443	2	32018.222	6.028	0.015**
Repetición	63740.407	12	5311.701		
Total	127776.850	14			

Anexo 6. Análisis de varianza para eficiencia alimenticia.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	11935	2	5967	1.888	0.194**
Repetición	37933.000	12	3.161		
Total	49868.000	14			

Anexo 7. Análisis de varianza para rendimiento de canal.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	8.985	2	4.492	0.079	0.924
Repetición	0.039	68	1		
Total	9.024	70			

Anexo 8. Análisis de varianza para grasa abdominal.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	0.001	2	0.000	0.852	0.431
Repetición	0.023	68	0.000		
Total	0.024	70			

Anexo 9. Análisis de varianza para mortalidad.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	0.014	2	0.007	0.379	0.692
Repetición	0.216	12	0.018		
Total	0.229	14			