

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**



**“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE HUEVO
DE CODORNICES EN POSTURA ALIMENTADAS CON DIETAS
SUPLEMENTADAS CON COMPLEJO ENZIMÁTICO
COMERCIAL”**

**Presentado por
RAISA JURADO SÁNCHEZ**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Lima - Perú
2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**

**“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE HUEVO
DE CODORNICES EN POSTURA ALIMENTADAS CON DIETAS
SUPLEMENTADAS CON COMPLEJO ENZIMÁTICO
COMERCIAL”**

**Presentado por
RAISA JURADO SÁNCHEZ**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Ing. Victor Vergara Rubín
Presidente**

**Dr. Carlos Vilchez Perales
Patrocinador**

**Ing. Pedro Ciriaco Castañeda
Miembro**

**M.V. Aida Cordero Ramirez
Miembro**

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1	Polisacáridos No Almidonados (P.N.A.)	2
2.1.1	Componente de los P.N.A.	2
2.1.2	Efectos Anti Nutricionales de los P.N.A.	4
2.2	Enzima y funciones	7
2.2.1	Complejos enzimáticos.....	9
2.2.2	Factores que influyen en la respuesta de la adición de enzimas.....	14
2.3	Componentes del complejo enzimático evaluado	17
2.3.1	Carbohidratasa para polisacáridos no almidonados (P.N.A.)	18
2.3.2	α – amilasa.....	19
2.3.3	1,4 – β – pentosanasa.....	20
2.3.4	Proteasa.....	21
2.3.5	Celulasa	22
2.4	Codorniz japonesa (<i>Coturnix coturnix japónica L.</i>)	22
2.5	Microbiota del tracto intestinal	23
2.6	Uso de complejos enzimáticos en aves	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1	Lugar de ejecución y duración	26
3.2	Instalaciones y equipos	26
3.3	Animales experimentales	27
3.4	Manejo de animales.....	27
3.5	Sanidad.....	27

3.6	Producto a evaluar.....	28
3.7	Tratamientos experimentales	28
4.4	Parámetros de evaluación.....	30
4.5	Diseño Estadístico	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1	Porcentaje de postura	34
4.2	Peso del huevo.....	36
4.3	Espesor y porcentaje de cáscara	37
4.4	Porcentaje de yema	38
4.5	Porcentaje de albúmina	39
4.6	Gravedad específica del huevo.....	39
4.7	Calidad interna del huevo.....	39
V.	CONCLUSIONES	41
VI.	RECOMENDACIONES.....	42
VII.	REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	43
VIII.	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición en P.N.A. de diversos ingredientes utilizados en la alimentación animal.....	3
Cuadro 2: Efectos de la adición de enzimas en sustratos específicos.....	8
Cuadro 3: Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales de Postura	29
Cuadro 4: Efecto de la inclusión de un complejo enzimático sobre el comportamiento productivo y calidad de huevo de la codorniz japonesa	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Efectos anti nutricionales de los Polisacáridos No Almidonados (P.N.A.).....	7
---	---

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Repeticiones de Porcentaje de Postura	54
Anexo 2: Repeticiones de Peso del Huevo.....	55
Anexo 3: Repeticiones de Espesor de Cáscara.....	56
Anexo 4: Repeticiones de Porcentaje de Cáscara	57
Anexo 5: Repeticiones de Porcentaje de Yema.....	58
Anexo 6: Repeticiones de Porcentaje de Albúmina	59
Anexo 7: Repeticiones de Gravedad Específica.....	60
Anexo 8: Repeticiones de Calidad Interna del Huevo	61

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de un complejo enzimático comercial (*Bergazim P*) en dietas de postura de la codorniz japonesa, midiendo los parámetros del comportamiento productivo y calidad del huevo, mediante cuatro tratamientos: T1: dieta control, T2: dieta on top (0.07% *Bergazim P*), T3: dieta reformulada (0.07% *Bergazim P*) y T4: control negativo (0.07% de arena fina). El estudio se realizó en las instalaciones de la granja de aves de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con una duración de 35 días. Se utilizaron 144 codornices hembras jóvenes recién entradas en la fase de postura, estas hembras procedían de un mismo lote, las cuales fueron distribuidas al azar en cuatro (4) tratamientos con tres (3) repeticiones cada uno, formando 12 unidades experimentales (jaulas) con 12 codornices cada una. Los parámetros evaluados fueron porcentaje de postura, peso del huevo, espesor de la cáscara, porcentaje de cáscara, porcentaje de yema, porcentaje de albúmina, gravedad específica y calidad interna del huevo.

De los resultados obtenidos, se llega a la conclusión que la inclusión del complejo enzimático en dietas para codornices, no muestra diferencias significativas para los parámetros evaluados, excepto el tratamiento con la dieta reformulada, en el que se observó una mejora significativa en la calidad interna del huevo.

Palabras claves: codorniz, P.N.A., enzimas, calidad del huevo

I. INTRODUCCIÓN

La industria avícola ha desarrollado en los últimos años una crianza tecnificada en la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica L.*), logrando de esta manera una mayor difusión de su crianza, especialmente para la producción de huevos, debido principalmente a su alta tasa de postura, su precocidad, buena conversión alimenticia y resistencia a las principales enfermedades.

Es una práctica bastante común el que los cereales conformen los mayores componentes de la dieta, estos contienen carbohidratos, que es un factor determinante en el comportamiento productivo, además de nutrientes digestibles como el almidón y el azúcar, la fracción de carbohidratos de origen vegetal incluye componentes indigestibles como celulosa, hemicelulosa, pectinas, β - glucanos y lignina. Todos estos componentes de mínima digestión, excluyendo la lignina, son clasificados en el grupo llamado polisacáridos no almidonados (P.N.A.), esta fracción es bien conocida por sus efectos anti nutricionales.

Los polisacáridos no almidonados (P.N.A.) constituyen actualmente los factores anti nutricionales predominantes en los alimentos, los cuales causan problemas particulares en dietas de animales monogástricos inhibiendo directamente la actividad enzimática o disminuyendo la digestibilidad, afectando de esta forma la utilización de la proteína y de la energía. El uso de enzimas en los alimentos para las aves, es una práctica común, particularmente en países donde los cereales forman los mayores componentes de la dieta, permitiendo mejorar su utilización. Sin embargo, existe limitada información sobre el uso de enzimas digestivas en la alimentación de codornices.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de un complejo enzimático comercial (*Bergazim P*) en dietas de postura de la codorniz japonesa, midiendo los parámetros del comportamiento productivo y calidad del huevo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Polisacáridos No Almidonados (P.N.A.)

Dentro de los contenidos nutricionales de algunos alimentos se encuentran los denominados carbohidratos clasificados como Polisacáridos No Almidonados (P.N.A.), que son considerados por muchos investigadores como sustancias anti nutricionales, debido a las repercusiones que se presentan en la capacidad de intercambio catiónico y de hidratación, y a su viscosidad y su habilidad para absorber compuestos orgánicos, ya que tienen la propiedad de pegarse a los alimentos y no dejarlos absorber a nivel intestinal (Mateos *et al.*, 2006).

Se encuentran presentes en cereales y leguminosas utilizados en la alimentación de aves. En los cereales representan una fracción importante debido a sus implicaciones nutricionales en la alimentación de los animales monogástricos. Desde un punto de vista estructural, pueden ser relativamente simples como los β -glucanos, o más complejos como los arabinoxilanos (Pettersen y Aman, 1989), mientras que en las leguminosas presentan una mayor variabilidad estructural siendo muy ramificadas y en general complejas (Englyst, 1989). No obstante, también se reporta que inclusiones bajas de P.N.A. en la alimentación animal trae beneficios como disminución del colesterol sérico, efectos anti bacteriales y producción de carnes con contenidos bajos en grasas (Francesh, 1996).

2.1.1 Componente de los P.N.A.

La estructura de estas paredes celulares, tanto de cereales como de otros ingredientes de uso común en la alimentación animal, es muy compleja y, dependiendo del tipo de materia prima a evaluar, encontraremos que su perfil en P.N.A. es muy diferente. El Cuadro 1 presenta los P.N.A. de diversos ingredientes utilizados en la alimentación animal.

Cuadro 1:

Composición en P.N.A. de diversos ingredientes utilizados en la alimentación animal.

% P.N.A. en diferentes insumos pecuarios				
Ingrediente	Celulosa	Arabinoxilanos	Pectina	β – Glucanos
Maíz	2.50	5.00	0.10	--
Trigo	2.50	6.00	0.10	1.00
Cebada	4.80	7.00	0.20	4.50
Soya	5.00	0.50	12.00	--

Fuente: Adaptado de Pearce y Stevenson, 2008.

Los arabinoxilanos son los P.N.A. mayoritarios en el trigo y centeno. Estos están formados por cadenas lineales de unidades de xilosa unidas por enlaces β (1-4), con diversas ramificaciones de unidades de β -L-arabinofuranosa. Por otro lado, los β -glucanos son los P.N.A. más abundantes en la cebada y avena. Consisten en cadenas lineales de glucosas unidas por enlaces β -(1-4) o β -(1-3). En otros ingredientes utilizados en la alimentación animal, como la soya o el girasol, aparecen, en cantidad menor, pero con un marcado efecto anti nutricional, otros tipos de P.N.A. como las pectinas, los β -galactosidos y los β - galactomananos.

La diferencia estructural entre arabinoxilanos solubles en agua y los insolubles en agua radica principalmente en el peso molecular (Meuser & Suckow, 1986) y en la relación arabinosa / xilosa (Gruppen *et al.* 1993).

En un trabajo de Mathloulthi *et al.*, (2002), observaron que al añadir a un substrato rico en arabinoxilanos, una xilanasas purificada, o un complejo enzimático conteniendo como actividades principales xilanasas y β -glucanasas y además otras secundarias complementarias (endo y exo arabinoxilanasas y otras), la mayor degradación del substrato se obtuvo en el último caso.

2.1.2 Efectos Anti Nutricionales de los P.N.A.

En diversos trabajos se han descrito las propiedades anti nutritivas de los arabinosilanos presentes en el centeno (Antoniou *et al*, 1981; Campbell *et al*, 1983; Fengler y Marquardt, 1988) y trigo (Choct y Annison, 1990) y de los β -glucanos en cebada (White *et al*, 1981; Campbell *et al*, 1989). Debido a las propiedades anteriormente descritas, estos P.N.A. se solubilizan parcialmente en el medio acuoso del intestino, incrementando la viscosidad de la digesta (Campbell *et al*, 1983; Rotter *et al*, 1989; Bedford y Classen, 1992).

Mediante estudios de viscosidad in vivo, Bedford (1996), estableció un orden de las materias primas en función de la viscosidad intestinal producida. El centeno y cebada presentaron una mayor capacidad, en el caso de la cebada por su mayor contenido en β -glucanos (Annison, 1991) y en el caso del centeno por un mayor porcentaje de arabinosilanos de alto peso molecular. Existe una relación directa entre la ingestión de estos cereales y la viscosidad del extracto acuoso del contenido intestinal (Bedford y Classen, 1992), al aumentar la viscosidad se reduce la difusión de los nutrientes (Feighner y Dashkevicz, 1988) y dificulta el contacto entre el sustrato y los enzimas endógenos del animal (Pettersson y Aman, 1989).

Varios autores demostraron que la ingestión de dietas con altos porcentajes de cebada o centeno aumenta el tiempo de tránsito de la digesta, quienes lo asocian a la mayor viscosidad de la dieta. (Almirall y Esteve-García, 1994; Danicke *et al*, 1997; Lázaro *et al.*, 1999). Al permanecer el alimento más tiempo en el aparato digestivo, se incrementa el peso y longitud de sus partes, especialmente el caso del intestino delgado. La absorción puede verse afectada ya que se observa un incremento en la tasa de proliferación de los enterocitos y un cambio de la morfología de las vellosidades y micro vellosidades. Ratas alimentadas con diferentes agentes formadores de geles, aumentaron la proliferación de enterocitos en el yeyuno e íleon distal,

observándose una reducción en la actividad de los enzimas específicos de la superficie epitelial (Brenes *et al*, 1993; Viveros *et al.*, 1994; Lázaro, 1999).

Un mayor tiempo de tránsito crea un excelente ambiente para la actividad microbiana intestinal. El flujo de la digesta se reduce y la cantidad de material indigestible, incrementándose el tiempo de colonización de la microflora. Por tanto, es factible que se establezca una competencia por los nutrientes, y que disminuya la absorción de nutrientes tales como proteína, grasa e hidratos de carbono (Antoniou *et al.*, 1981).

En estas circunstancias, incrementa la proliferación de microorganismos capaces de conjugar los ácidos biliares, tales como el *Streptococcus spp.*, dificultando la formación de complejos micelares y la digestión de la grasa. El cambio de las propiedades reológicas del quimo y las fisicoquímicas del mucus puede aumentar la adhesión bacteriana a la superficie de la mucosa, factor muy importante en la patogénesis de algunas enfermedades (Coates *et al*, 1981)

Larsen *et al.*, (1993) observaron que la digestibilidad verdadera de la proteína en el íleon terminal no se vio afectada por la viscosidad pero que las pérdidas endógenas de nitrógeno aumentaron. Esto podría indicar que los P.N.A. forman complejos con los enzimas digestivos impidiendo el ataque del enzima al sustrato y aumentando las secreciones endógenas, reduciendo la digestibilidad. De hecho. También es posible que las pérdidas endógenas de lípidos reduzcan la digestibilidad de la grasa de los pollos de engorde, ya que la bilis de estas aves contiene gran cantidad de esterres de colesterol y triacilglicerol (Noble y Connor, 1984; Noble *et al*, 1988).

Estas alteraciones aumentan la incidencia de huevos sucios (Francesch *et al*, 1995; Lázaro, 1999) y empeoran el estado sanitario de las aves (Richter *et al*, 1990) al aumentar la humedad de las heces, la incidencia de heces

pastosas y empeorar la calidad de la yacija (White *et al*, 1981; Hesselman y Aman, 1986; Pettersson *et al*, 1989).

Todas estas modificaciones de las condiciones del tracto gastrointestinal (TGI) y de la digesta reducen la digestibilidad de los nutrientes (Friesen *et al.*, 1991; Vukic & Wenk; 1993; Danicke *et al.*, 1997), Por tanto, la ingestión de P.N.A. viscosos reduce el consumo, y enmascara y dificulta la difusión de nutrientes, altera la microbiología, histología y fisiología intestinal y reduce la digestibilidad de los nutrientes, empeorándose los parámetros productivos (Campbell *et al*, 1983; Pettersson y Aman, 1989; Bedford y Classen, 1992; Veldman y Vahl, 1994).

Los P.N.A. insolubles son capaces de absorber gran cantidad de agua y por tanto aumentan la capacidad de captación de agua con un incremento notable del volumen del quimo, que reduce el tiempo de tránsito en el intestino. La adhesión de bacterias a los P.N.A. insolubles y las propiedades laxativas de los P.N.A. insolubles que reducen el tiempo disponible para la fermentación en el tracto gastro intestinal disminuye la actividad bacteriana en el intestino (Robertson y Eastwood, 1981).

Existen varios métodos para incrementar el valor nutritivo de los cereales ricos en P.N.A. Así la granulación y la extrusión rompen la estructura de la pared celular y aumentan la gelatinización del almidón. Sin embargo, en condiciones prácticas el procesamiento térmico tiende a empeorar el valor nutritivo de los cereales en aves por aumentar la solubilidad de los P.N.A. (Tovar *et al*, 1991).

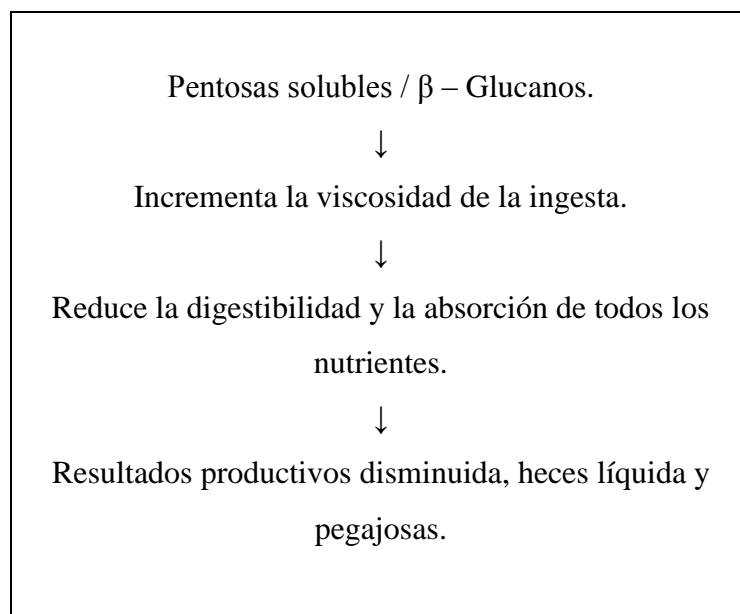


Figura 1:
Efectos anti nutricionales de los Polisacáridos No Almidonados (P.N.A.)

2.2 Enzima y funciones

Las enzimas son proteínas de estructura tridimensional sumamente compleja, son bio catalizadores cuya función es acelerar ciertas reacciones bioquímicas específicas que forman parte del proceso metabólico de las células. Aceleran en el organismo (en ocasiones hasta un millón de veces), diversas reacciones químicas que en condiciones normales sólo tendrían lugar muy lentamente o no se producirían en absoluto (Bedford, 1996; Bühler *et al.*, 1998). El proceso de la digestión corresponde a las reacciones químicas en donde las sales biliares actúan en conjunto con las enzimas y estas últimas se unen a moléculas de alimento de alto peso molecular (proteínas, grasas y carbohidratos) formando un complejo enzima-substrato para desdoblarlas en moléculas más pequeñas que puedan ser absorbidas con mayor facilidad (Ávila, 1992; Coelho, 1997).

Para la producción de enzimas se utilizan diversos hongos, bacterias y levaduras; la síntesis de enzimas es esencial para estos microorganismos porque sus funciones vitales se mantienen gracias a las divisiones de substratos y el metabolismo dependientes de las enzimas. Además, las cepas especialmente seleccionadas o los

microorganismos modificados genéticamente pueden producir cantidades de enzimas mucho mayores que en condiciones normales.

Las enzimas utilizadas en nutrición animal provienen de microorganismos ampliamente diseminados en la naturaleza o que se han producido después de largos años de experiencia en la industria alimentaria. Ya que muchos organismos se adaptan a condiciones de vida extremas (temperatura, pH, osmolaridad), en la mayoría de los casos las enzimas microbianas son en este sentido más estables que las enzimas vegetales y animales (Bülher *et al.*, 1998).

Las enzimas son sustrato-específicas, pues sólo actúan sobre un determinado sustrato en condiciones muy concretas de temperatura, pH y humedad. No se consumen durante las reacciones catalíticas y una vez terminada la reacción, vuelven a su estado original. Por esta razón, la cantidad necesaria de enzimas es muy pequeña en proporción con la cantidad de sustrato (Donkers, 1989).

Cuadro 2:

Efectos de la adición de enzimas en sustratos específicos.

Enzimas	Sustratos	Efectos
Xylanasas	(arabino-)Xylanos	Reducción de la viscosidad de la digesta.
Glucanasas	β - Glucanos	Reducción de la viscosidad de la digesta.
Pectinasas	Pectinas	Reducción de la viscosidad de la digesta.
Celulasas	Celulosa y derivados	Mejora la digestibilidad de la fibra y la celulosa.
Proteasas	Proteínas	Mejora la degradación de la proteína.
Amilasas	Almidón	Mejora la degradación de los componentes almidonados.
Fitasas	Ácido fitico	Mejora el aprovechamiento del fósforo vegetal
Galactosidasas	α - galactosidos	Eliminación de α - galactosidos

Fuente: Acosta, A.; Cárdenas, Mayra. 2006

2.2.1 Complejos enzimáticos

Los complejos enzimáticos son proteínas sensibles que pueden perder parte de su actividad en el transcurso del almacenamiento, durante el procesamiento de los alimentos o en la degradación ácida o proteolítica de éstos en el intestino animal, por lo que los resultados que se obtengan al suplementarlas en los alimentos para animales pueden depender de varios factores (Piquer, 1996). No obstante, las enzimas alimenticias en polvo pueden ser estabilizadas con objeto de hacer posible su almacenamiento en un período mínimo de nueve meses y resistir al proceso de peletización del alimento cuando se realiza a menos de 85°C (Spring *et al.*, 1996; Graham & Inberr, 1993). Estas enzimas parecen ser resistentes a los bajos niveles de pH del estómago y a las proteasas producidas en el primer tramo del tubo digestivo del animal, de ahí que muchos productos enzimáticos pueden ser utilizados con buenos resultados en la fabricación de alimentos balanceados.

Sin embargo, los últimos avances en tecnología de fabricación de alimentos balanceados han dado como resultado un incremento en la temperatura y presión de procesamiento; aunque esto ha traído beneficios en la eficiencia productiva de los animales, también ha provocado la preocupación sobre la termo-estabilidad de los ingredientes alimenticios más sensibles al calor, tales como vitaminas, aminoácidos y enzimas. Es por eso que en estos casos las enzimas deben ser agregadas en forma líquida después de la peletización (Harker, 1998).

Por lo tanto, la estabilidad de las enzimas es la primera característica exigible para su uso a nivel industrial, así como la estabilidad en el producto puro, en mezclas posteriores y en alimento terminado (Kemkamp, 1990). Pero el único método eficaz para evaluar el funcionamiento de los productos enzimáticos es *in vivo*, administrándolos a la dieta base y midiendo la respuesta en términos de rendimiento (Graham & Inberr, 1993).

a) Uso de enzimas en dietas a base de cereales de alta viscosidad

Cereales como trigo, cebada, centeno y avena, pueden ser en ocasiones excelentes sustitutos de maíz o sorgo en las dietas de monogástricos, pero es necesario hacer modificaciones en la dieta debido al contenido de P.N.A. que tienen (Scheideler *et al.* 2005). La causa de excretas pegajosas y la pobre productividad que puede ocurrir cuando se suministra cebada a las aves es debido a un factor de viscosidad, el cual es hidrolizado cuando se suplementa con β -glucanasas. White *et al.* (1981) hacen un aislamiento de β -D-glucanos del contenido intestinal de los pollos alimentados con una dieta a base de cebada.

Hesselman *et al.* (1981) y Hesselman *et al.* (1982) encuentran que la viscosidad de la cebada provocada por los β -glucanos solubles decrece con la madurez y cuando es almacenada en un medio anaeróbico, además con la suplementación de β -glucanasas en la dieta de aves se mejoró el consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimenticia y el contenido de materia seca en las heces. De Silva *et al.* (1983) encuentran mejores resultados al reducir la viscosidad en dietas de cebada con la suplementación de β -glucanasas que con tratamientos a base de agua.

La suplementación de α -amilasas en dietas a base de cebada produjo ligeras mejoras en ganancia de peso, conversión alimenticia y digestibilidad de materia seca en pollos de engorde (Herstad y McNab, 1975). Trabajando con cebadas de alta y baja viscosidad (Campbell *et al.*, 1989; Hesselman y Aman, 1986), encontraron que la suplementación de β -glucanasas mejoró los parámetros productivos y la digestibilidad del almidón y nitrógeno en el intestino delgado en los dos tipos de cebada; sin embargo, la respuesta fue más notable en las cebadas de alta viscosidad.

En dietas para pollos a base de maíz o maíz-trigo, la adición de enzimas celulolíticas no mejoró los resultados productivos; en dietas a base de trigo tampoco mejoró el peso vivo, pero sí la conversión alimenticia y en dietas

a base de cebada, avena o centeno mejoró significativamente la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Broz y Frigg, 1986). Los cereales como el trigo, pueden variar su composición dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo, asimismo, la respuesta a la suplementación de enzimas en dietas para aves a base de estos cereales dependerá de la cantidad de baja digestibilidad que tenga la dieta (Rexen, 1981).

Es importante la buena digestibilidad de las dietas, ya que cuando éstas son poco digestibles, parte del almidón, proteína y grasa llegan sin digerir hasta la parte terminal del íleon y pueden servir de sustrato a especies de bacterias no deseables que no dejan prosperar a otras (Apajalahti, 1999).

b) Uso de enzimas en dietas a base de cereales de baja viscosidad

En cereales como maíz y sorgo, el nivel de fibra y de P.N.A. son por lo general más bajos en comparación con cereales como trigo, cebada o avena. Tradicionalmente el maíz es preferido en la alimentación animal por tener el nivel más alto de energía de los cereales (Bedford, 1996). Contrario a lo que siempre se supone que el maíz es constante de lote a lote, hay evidencias de que su valor de energía varía en forma considerable, debido a la variedad, manejo y a las condiciones en que se cultivó.

Leeson y Summer (1997) indican una variación en el contenido de energía metabolizable de 2926 a 3474 kcal/kg cuando las condiciones de cultivo y cosecha no son las adecuadas. El almidón de maíz se supone que tiene una digestibilidad mayor al 98% pero Noy y Sklan (1995) encontraron que la digestibilidad ideal raramente pasa del 85% en pollos de engorde de 4 a 21 días de edad.

El primer efecto de la suplementación de enzimas es aumentar el valor energético de la dieta de un 1.5 a 3.7% (Hervé, 1998). Trabajos con diferentes tipos de maíz en pollos de engorde hasta los 28 días de edad indican que la variación en los valores de energía digestible ideal sin

suplementar enzimas era de ± 81 kcal/kg., mientras que con la suplementación de enzimas se mejoró el nivel de energía en 97 kcal/kg y se redujo la variación a sólo ± 40 kcal/kg. (Wyatt *et al.*, 1999).

Hasta hace poco se asumía que el maíz, sorgo y pasta de soya no ocasionaban problemas digestivos; los trabajos relacionados con la utilización de enzimas en dietas a base de granos con alta viscosidad han permitido el desarrollo de productos específicos que tienen el potencial de mejorar la productividad de aves alimentadas con dietas a base de granos de baja viscosidad (Pack *et al.*, 1998).

Existen dos principales maneras de usar enzimas en dietas maíz-pasta de soya para pollos de engorde, la más usual en aves jóvenes es adicionarlas a una fórmula ya existente con el fin de mejorar la productividad de las aves; la otra, es cambiar los niveles de formulación con el propósito de bajar los costos por tonelada de alimento y suplementar enzimas tratando de obtener la misma productividad del ave que con la formulación normal (Pack *et al.*, 1997). Graham e Imbort (1993) mencionan que la suplementación de xilanasas, α -amilasas y proteasas puede mejorar la digestibilidad del almidón contenido en el maíz, debido a que éste se encuentra incrustado en una matriz proteica y señala mejoras en el pollo de engorde de un 2.5% en ganancia de peso y 3.6% en conversión alimenticia. En experimentos hechos con dietas a base de sorgo, Cortes y Ávila (1992) indican que se puede formular el alimento bajando 3% los niveles de proteína y energía metabolizable sin afectar parámetros productivos en pollo de engorde.

Como es natural, no todo funciona al 100 %. Existen ciertas limitaciones como la falta de termo estabilidad de las enzimas, la falta de eficacia asegurada en dietas a partir del trigo y la aun no evidente eficacia de las preparaciones enzimáticas de la soya y otras proteaginosas.

Las enzimas son termolábiles a temperaturas superiores a 65 °C, con lo que los procesos de fabricación de piensos los destruyen. En la actualidad, el proceso de aplicación de enzimas ha superado este problema mediante la incorporación líquida o bien con la aplicación de enzimas protegidas por encapsulación. Así pues, hoy no existen riesgos de pérdida de las enzimas por granulación del pienso.

La eficacia de la aplicación de enzimas de dietas a partir del trigo no está totalmente resuelta. Existen diversas hipótesis por las que esta aplicación aun no resuelve el problema con todas las garantías de éxito. Una es la propia composición de la estructura de los arabinosilanos presentes en el trigo y otra podría ser que las enzimas adicionadas pueden ser inhibidas por la presencia de proteínas inhibitorias generadas por el propio trigo. En un futuro cercano se esperan enzimas que puedan actuar sin ser afectadas por los inhibidores enzimáticos.

La aplicación de enzimas para mejorar las proteaginosas, en especial después de la prohibición de productos de origen animal, deberá ser un reto tanto para la industria de elaboración de alimentos balanceados como para la industria biotecnológica productora de enzimas.

Hasta la fecha, se ha publicado la acción de ciertas enzimas, como las hemicelulasas, pectinasa, β -glucanasas y β -galactanasas, sobre los contenidos intestinales en azúcares como rafinosa, galactosa, xilosa, manosa y glucosa de las fracciones solubles e insolubles en el yeyuno e íleon de los pollos; sin embargo, no se observó ningún efecto sobre el crecimiento de los pollos (Kocher *et al.*, 2003). En otras publicaciones recientes también se demuestra como la adición de proteasas incrementa la digestibilidad aparente de las proteínas y de la energía. En el caso que se produzca una aplicación industrial en el campo de la adición de enzimas para incrementar el valor de los ingredientes proteicos de origen vegetal se

podrá manifestar que el mercado de la aplicación de preparaciones enzimáticas se ha multiplicado (Ghazi *et al.*, 2002).

2.2.2 Factores que influyen en la respuesta de la adición de enzimas

Los factores que afectan la respuesta obtenida con la adición de enzimas son aquellos que fundamentalmente modifican la viscosidad de la digesta, y son la edad de las aves, el procesamiento térmico, el genotipo y las condiciones ambientales del cereal.

a) Edad de las aves

Las aves beben más agua respecto al alimento ingerido conforme son más adultas, lo que reduce la concentración de P.N.A. en la digesta y la viscosidad. Estas circunstancias, unidas al mayor desarrollo del tracto gastro intestinal y a una flora intestinal más estabilizada hace que la respuesta esperada a la suplementación enzimática sea menor conforme avanza la edad de las aves.

Salih *et al.* (1987) observaron en pollos que los efectos negativos de la cebada sólo se manifestaron durante las primeras 4 semanas. La suplementación enzimática redujo el tiempo de tránsito de la digesta en pollos de tres semanas alimentados con cebada, pero no en gallos adultos.

En pollos, un tiempo de tránsito menor favorece el consumo de alimento, mejorando el crecimiento y el índice de conversión alimenticia (Petterssen *et al.*, 1993; Marquardt *et al.*, 1979; Dánicke *et al.*, 1997). En gallinas ponedoras, Gohl y Thomke (1976) no observaron influencia alguna de la viscosidad sobre el contenido energético de las dietas.

Sin embargo, otros autores han observado mejoras con la suplementación enzimática en la producción de huevos y el índice de conversión alimenticia (Pan *et al.*, 1998) sin modificación del consumo de alimento por lo que las mejoras se asocian a una mayor digestibilidad de la dieta

(Lázaro, 1999). Estos datos parecen indicar que el mecanismo de acción de la suplementación enzimática varía en función de la edad del ave, con predominio del efecto tránsito e incremento del consumo de pienso en pollos de engorde y de mejora de la digestibilidad e índice de conversión en aves de más edad.

b) Procesamiento térmico del cereal

El procesamiento térmico rompe la estructura granular del almidón induciendo cambios en su estructura cristalina o en el grado de gelatinización y facilitando la acción de las amilasas, por lo cual se ha demostrado el incremento de la digestibilidad de la FND con la extrusión que con la granulación (Vukic & Wenk, 1993).

Bjórck *et al.* (1984) demostraron que la fibra soluble presente en la harina de trigo se degradaba más cuando ésta se extrusionada. Esta mayor degradabilidad también observada sobre los β -glucanos podría ser debido a que la extrusión aumenta la porosidad de las paredes celulares e incrementa la solubilidad de la fibra, con el consiguiente aumento de los procesos fermentativos (VukicVranjes & Wenk, 1995).

A pesar de la gelatinización del almidón y de la mejor digestibilidad de la fibra, los pollos alimentados con cebada tratada térmicamente presentan una reducción de productividad (Vukic-Vranjes y Wenk, 1995) y de la digestibilidad de la dieta (Herdstad y McNab, 1975; Antoniou *et al.* 1981).

La adición de α -amilasas no disminuyó los problemas en el estudio de Bumett (1962), posiblemente porque el complejo utilizado por estos últimos tenía otro tipo de actividad enzimática no declarada. Estos resultados indican que el procesamiento térmico afecta negativamente la productividad de las aves probablemente porque el calor húmedo aumenta la solubilidad de la fibra y la viscosidad de su extracto (Vukic-Vranjes y Wenk, 1995). Además del efecto negativo sobre la solubilización de la

fracción fibra del cereal, el procesamiento térmico destruye parte de la actividad enzimática del propio cereal, incrementándose así la problemática del cereal.

c) Cereal: genotipo y ambiente

En un estudio realizado por FEDNA (1999) sobre muestras tomadas en fábricas de pienso españolas, el coeficiente de variación del contenido de almidón en los cereales osciló entre el 2,5% para el maíz y el 4,7% para el centeno. Sin embargo, más allá de las simples diferencias en cuanto al contenido en principios inmediatos tales como el almidón y la proteína, existen diferencias en cuanto a las características nutritivas para aves en función de la variedad y de las condiciones de cultivo, tanto de la cebada (Campbell *et al*, 1989), como del centeno o del trigo (Lázaro, 1999).

Las mayores diferencias se deben a su contenido en P.N.A. solubles, de hecho, Choct y Annison (1990) encontraron una estrecha relación entre el contenido en P.N.A. de distintos cereales y el coeficiente de digestibilidad de la energía. Los más digestibles fueron el arroz, el sorgo y el maíz, seguidos del trigo y triticale, ocupando el centeno y la cebada los últimos puestos. Lázaro (1999) encontró en centenos españoles un rango de variación de la fracción P.N.A. entre 9 y 15%.

Tanto el cultivar como las condiciones de cultivo tienen un fuerte impacto en el contenido de glucanos de la cebada y en pentosanos del trigo. Según Bhatti (1987) el estrés hídrico podría aumentar el nivel de β -glucanos. También el tiempo de almacenamiento del cereal después de la cosecha afecta al contenido en P.N.A. De la Fuente (1995) observó que al aumentar el tiempo de almacenamiento se reducía el contenido de los P.N.A., de los β -glucanos de la cebada y de la viscosidad intestinal, mejorando el contenido energético y la productividad de las aves.

La respuesta a la suplementación enzimática es mayor con cebada y centeno que con trigo (Marquardt *et al*, 1994). Dado que el principal mecanismo de actuación de las enzimas es la reducción de la viscosidad producida por los P.N.A., generalmente no es de esperar respuesta a la suplementación enzimática en dietas basadas en maíz o sorgo (Marquardt *et al*, 1994). Sin embargo, algunos estudios han obtenido resultados positivos con la aplicación de combinaciones enzimáticas de celulasas, hemicelulasas, proteasas y amilasas en dietas basadas en cereales de baja viscosidad, lo que indica la existencia de mecanismos diferentes de la viscosidad en el modo de acción de la SE, como es la complementación del equipo enzimático del animal, o la ruptura de la pared celular y liberación de los nutrientes encapsulados.

Por tanto, la viscosidad es función del contenido en P.N.A. solubles del cereal, que depende a su vez del tipo, de la variedad y de las condiciones de cultivo y almacenamiento. La respuesta a la suplementación enzimática es escasa o nula en maíz y sorgo, reducida en trigo y variable en centeno y cebada, y depende de la variedad y condiciones ambientales a las que se ha visto sometido antes y después de la recolección, así como de la edad del ave y del procesamiento térmico previo.

2.3 Componentes del complejo enzimático evaluado

Bergazim P, es producido por la empresa Berg-Schmidt de Alemania. Es un complejo enzimático microgranulado, recomendado para alimentos de aves y cerdos, presenta alta estabilidad térmica y mayor estabilidad ante pH ácidos, gracias al recubrimiento que presentan las partículas. Está compuesto por enzimas que incrementa la energía metabolizable, incrementa la digestibilidad de la proteína y aminoácidos y contrarresta los factores anti nutricionales de los polisacáridos no almidonados de los cereales (Berg-Schmidt, 2015). A continuación, se presentan los componentes del complejo enzimático utilizado:

2.3.1 Carbohidratasas para polisacáridos no almidonados (P.N.A.)

a) Xilanasas

Las xilanasas son un grupo de enzimas extracelulares que actúan sinérgicamente, producidas por diversos microorganismos como bacterias (saprofitas y fitopatógenas), micorrizas, levaduras, hongos, actinomicetos, además en protozoarios, insectos, crustáceos, caracoles y algunas semillas de plantas durante la fase de germinación en suelo (Ball & McCarthy, 1989; Beg, *et al.*, 2000; Knob, *et al.*, 2010).

El modo de acción y los productos de hidrólisis varían de acuerdo con la fuente de la enzima. Las xilanasas en general se cristalizan fácilmente en sulfato de amonio y fosfato de sodio-potasio en pH de 3.5 a 9 y en otras sales, polímeros y solventes orgánicos; su solubilidad se incrementa con el aumento de temperatura en concentraciones moderadas de sulfato de amonio; la solubilidad en buffer de fosfatos (pH 9) disminuye en temperaturas entre el rango de 0-10°C, pero permanece constante entre temperaturas de 10-37°C (Krengel & Dijkstra, 1996).

Aunque se han caracterizado completamente y patentado un cierto número de enzimas xilanólíticas, la mayoría de estas corresponden a hongos filamentosos y solo se han caracterizado β -xilosidasas y endo-xilanasas de bacterias de los géneros *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Micrococcus* y *Staphilococcus*; existen muy pocos reportes de estas enzimas en otros géneros de bacterias (Veeresh & Jin, 2012).

b) Glucanasa

Las glucanasas son enzimas que degradan β – glucanos, que son polímeros de la D-glucosa, unido mediante enlaces glucosídicos en los puntos (1 – 3), (1 – 4) y (1 – 6), que se encuentran normalmente en el endospermo de la pared celular de la avena y cereales (Skendi *et al.*, 2003). Se clasifican en dos grandes grupos según los mecanismos que utilizan para hidrolizar el

sustrato, identificados por los productos de hidrólisis: (i) las exo- β -glucanasas, las cuales hidrolizan el sustrato por ruptura secuencial de residuos de glucosa desde el extremo no reductor, y (ii) las endo- β -glucanasas, que rompen aleatoriamente los sitios de enlace β de la cadena polisacáridica, liberando pequeños oligosacáridos. La degradación de los β -glucanos por los hongos se acompaña frecuentemente de la acción sinérgica de las endo- y exo- β -glucanasas (Pitson, 1993). Microorganismos, tales como especies de *Trichoderma* sintetizan β – glucanasa.

2.3.2 α – amilasa

Enzimas que descomponen el almidón. Para utilizar los almidones vegetales presentes en la nutrición, todos los organismos que se nutren de vegetales tienen que descomponer las moléculas de almidón grandes en unidades más pequeñas. Esta disgregación del almidón se provoca por medio de amilasas, α -amilasa, β -amilasa y amiloglucosidasa (Carey, 1998).

Las amilasas se pueden dividir en tres grupos: α -amilasas, las cuales rompen al azar los enlaces en el interior del sustrato (endo-amilasas); β -amilasas, las cuales hidrolizan ordenadamente unidades de maltosa a partir de los extremos no reductores del sustrato (exoamilasas) y glucoamilasas que liberan unidades de glucosa (Gacesa y Hubble, 1990).

Se considera la enzima de mayor importancia para degradar los polisacáridos almidonados de reserva, está presente de manera natural en los mamíferos, hongos y bacterias; en escalas tecnológicas se obtienen estas enzimas, a partir del páncreas, cultivos de bacterias y de hongos, así como de los granos de cereales (Selinger *et al.*, 1997). La α -amilasa es activada por los iones de Ca, y esta enzima actúa sobre el almidón gelatinizado, licuando y rompiendo la capa de amilopectina en los enlaces glucosídicos α -1-4 y reduciendo la estructura a dextrina.

Esta enzima hidroliza el almidón y permite que la viscosidad en la solución almidonosa sea reducida de manera rápida (Rebollar, 2002). La α -amilasa es producida en mayor cantidad por el *Bacillus subtilis* y amiloglicosidasa por fermentación semisólida del *Aspergillus awari*. Esta optimizada para actuar en la región inicial del tracto gastrointestinal del animal para compensar una probable digestión incompleta del almidón del endospermo (Soto-Salanova, 1997).

2.3.3 1,4 – β – pentosanasa

Las pentosanasas o endoxilanasas microbianas, actúan sobre los polisacáridos no almidonados específicamente sobre los arabinoxilanos de la masa de harina de trigo. Estas enzimas catalizan la hidrólisis de los enlaces glucosídicos β -1,4 de la cadena central de D-xilosas (Figura 8) de los arabinoxilanos, reduciendo su tamaño molecular (Courtin & Delcour 2001).

Según la secuencia de aminoácidos del dominio catalítico, la mayoría de las endoxilanasas son agrupadas dentro de las familias 10 y 11 de las hidrolasas glucosídicas (Coutinho & Henrissat 1999). Las enzimas pertenecientes a estas familias muestran diferencias en estructura y características catalíticas. Las endoxilanasas de la familia 10 poseen estructuras complejas, tienen alto peso molecular, son menos específicas y catalíticamente más versátiles. Estas enzimas prefieren hidrolizar los enlaces β -1,4 de la cadena de D-xilosas cercanos a los puntos de ramificación con L-arabinosa. Por el contrario, las endoxilanasas de la familia 11 poseen una estructura más simple, bajo peso molecular, son más específicas e hidrolizan principalmente los enlaces β -1,4 de las regiones no sustituidas de la cadena de D-xilosas (Jeffries *et al.* 1996, Biely *et al.* 1997).

Muchos microorganismos, tales como especies de *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Bacillus* son buenos productores de diferentes tipos de endoxilanasas y muchas de estas preparaciones enzimáticas están disponibles

comercialmente y son ampliamente utilizadas en la industria (Polizeli *et al.* 2005).

2.3.4 Proteasa

También denominadas peptidasas, tienen como función es la hidrólisis de las proteínas y el beneficio que se obtiene, es incrementar la absorción de aminoácidos, disminuyendo las secreciones de nitrógenos, mejorando la integridad intestinal (Brufau, 2002). La suplementación de proteasas ayuda a destruir a los inhibidores de tripsina y el contenido de lecitinas en las leguminosas como la soya; esto mejora la digestibilidad de la proteína y el valor nutricional de la dieta. (Bartoli y Labala, 2009).

Se pueden encontrar dentro de este grupo a las endopeptidasas (tripsina, quimiotripsina y elastasa) que rompen los enlaces internos de las moléculas de proteínas produciendo fragmentos de proteína (péptidos), este grupo de enzimas posee especificidad por residuos de aminoácidos, rompiendo los enlaces covalentes en los sitios donde se encuentran sus aminoácidos preferidos; y las exopeptidasas que liberan uno a uno los aminoácidos de los fragmentos de proteína resultantes de la acción de las endopeptidasas (Carey, 1998).

Según Soto-Salanova *et al.* (1997) la proteasa microbiana proveniente del *Bacillus subtilis*, cuando es incluida en el complejo enzimático, se caracteriza por su gran eficacia catalítica al degradar las proteínas y los factores anti nutritivos de la soya, su eficiencia ha sido establecida tanto en pruebas *in vitro* como *in vivo*. La suplementación con proteasas en las dietas de pollos aumenta el valor nutricional de una gran variedad de proteínas, así como su digestibilidad, complementando la actividad de las enzimas digestivas como la pepsina, tripsina y otras proteasas pancreáticas (Sanz, 2010).

2.3.5 Celulasa

Las enzimas celulasas son producidas por una variedad de bacterias y hongos aeróbicos o anaeróbicos, mesófilos o termófilos.

Sin embargo, sólo algunos de ellos producen la enzima celulasa extracelular capaz de hidrolizar la celulosa (Ljungdahl & Eriksson 1985; Marsden & Gray 1986). La acción enzimática para llevar a cabo la hidrólisis de la celulosa implica la operación secuencial y la acción sinérgica de un grupo de celulasas, que presentan diferentes sitios de enlace, debido a la naturaleza compleja de la molécula de celulosa (Lee, 1997).

El sistema de celulasa típico incluye tres tipos de enzimas: la endo- β -1,4-glucanasa (Cx) (1,4- β -D-glucan glucanohidrolasa E.C.3.2.1.4), la exo- β -1,4-glucanasa (C1) (1,4- β -D-glucan celobiohidrolasa E.C.3.2.1.91) y la β -1,4-glucosidasa (celobiasa) (Cb) (β -D-glucósido glucohidrolasa E.C.3.2.1.21) (Ladisich *et al.* 1983; Bataille & Toussaint 1985; Marsden & Gray 1986; Lee 1997; Hahn-Hägerdal & Palmqvist 2000).

2.4 Codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica* L.)

Las codornices son originarias de Europa, Norte de África y Asia y pertenecen a la familia *Phasianidae*, subfamilia *Perdixinae* (Pinto *et al.*, 2002). Esta especie, que es la más común, está extendida en Europa, Asia, África y las Islas Atlánticas. Sin embargo, existe un gran número de subespecies, siendo dos las más conocidas. La *Coturnix coturnix coturnix* es la codorniz salvaje que anida en Europa y emigra en invierno a África (Echeverría, 2004), la *Coturnix coturnix japonica* es la codorniz japonesa que anida en la isla de Sakhaline y en el archipiélago de Japón y emigran a Siam, Indochina y Taiwán. En la actualidad, estas dos subespecies son las que más se trabajan comercialmente, la primera para producción de carne dado su gran peso corporal, y la segunda para producción de huevo dada su alta productividad y multiplicación (Echeverría, 2004).

La codorniz es una especie de crecimiento precoz y alcanza el peso vivo adulto antes que otras especies avícolas como el pollo o el pavo. Es una especie polígama

con importantes diferencias morfológicas entre sexos. Así, en la codorniz japónica el peso de la hembra es un 7-10% superior al del macho, característica no muy común en avicultura (MAPA, 2004). Otra diferencia morfológica entre sexos es que en el macho las plumas pectorales son de color marrón rojizo y en la hembra de color gris/beige y moteadas de negro, diferencia que empieza a detectarse a los 15 días de vida. El contenido en grasa de la canal en la codorniz japónica es bajo (4% a 21 días), pero aumenta muy rápidamente a partir de 21 días de edad (Marks, 1993).

El contenido en proteína (20%) se reduce ligeramente a partir de los 14 ó 28 días según la línea genética. Como resultado, los índices de conversión aumentan rápidamente con la edad y, por tanto, debe cuidarse la edad al sacrificio. Según Larbier y Leclercq, (1994), en la codorniz japónica la ganancia de peso máxima en ambos sexos ocurre entre los 14 y 15 días de edad, con un peso final de la hembra un 10% superior al del macho. Du Preez y Sales (1997) aplicando este mismo modelo a la codorniz europea observaron que machos y hembras alcanzaban la ganancia máxima en torno a los 13 y 16 días, respectivamente. El peso adulto fue de 148 ± 3 gramos en el macho y de 192 ± 5 gramos en la hembra.

2.5 Microbiota del tracto intestinal

El tracto gastrointestinal (TGI) es un ecosistema dinámico que contiene una comunidad microbiana compleja y generalmente es aceptado que esta microflora intestinal tiene un impacto sobre el crecimiento y la salud de las aves (Rehman *et al.*, 2007). El buen manejo de la microflora intestinal es un factor clave para asegurar una buena salud, bienestar y la seguridad microbiana de las aves y sus productos (Knarreborg *et al.*, 2002)

La microflora intestinal es una parte integral del sistema digestivo de todos los animales. Las bacterias gastrointestinales obtienen la mayor parte de su energía para reproducción y crecimiento a partir de los componentes de la dieta que son o bien resistentes al ataque de los fluidos digestivos, o bien absorbidos tan lentamente que las bacterias pueden competir con éxito por ellos. Las especies bacterianas difieren en relación a sus preferencias de sustratos y a sus necesidades para el crecimiento.

Por ello, la composición química y la estructura de la digesta determinan ampliamente la distribución de la comunidad microbiana en el tracto intestinal (Savory, 1992; Wagner & Thomas, 1987)

En pollitos jóvenes, el intestino es colonizado rápidamente por coliformes, *Streptococcus* y *Clostridium*, y a los 3 días de vida se identifican los primeros lactobacilos. En unas 2 semanas se establece una típica microflora en el intestino delgado, aunque la flora cecal tardará hasta 30 días en desarrollarse completamente. En el ciego predominarán bifidobacterias y bacteriodes aunque pueden aislarse especies patógenas como *Salmonella*, *Campilobacter* y *E.coli* (Amit-Romach *et al.*, 2004)

El estatus microbiano del tracto gastrointestinal de los pollos depende no sólo de la dieta sino también de las condiciones del medio. Camas sucias y otros parámetros de manejo afectan a la flora microbiana del pollo tanto directamente, proporcionando una fuente continua de bacterias, como indirectamente, al debilitar la condición física y las defensas de las aves.

2.6 Uso de complejos enzimáticos en aves

Benabdeljelil y Arbaoui (1994), evaluaron dos niveles de suplementación de una enzima comercial (0.0 y 0.05% de Kemizyme) en tres dietas en base a cebada (10, 20, 35, 40 y 50% de inclusión), sobre el rendimiento de gallinas ponedoras y la calidad de los huevos. La producción de huevos no se vio afectada por el nivel de cebada o la utilización de la enzima en las dietas. Las gallinas alimentadas con altos niveles de cebada perdieron peso corporal, mientras que el peso del huevo no se vio afectado. Preparados enzimáticos comerciales no mejoran el rendimiento de gallinas alimentadas con dietas que contienen hasta 35% de cebada. La albúmina o calidad de la cáscara no se vieron afectadas significativamente por los tratamientos basados en cebada con o sin suplementación enzimática. Sin embargo, color de la yema se redujo cuando se alimentaron las gallinas en las dietas que contienen 40 o 50% de cebada. Con la suplementación de 0.5% de Kemizyme, se puede utilizar

hasta 50% de inclusión de cebada en dietas para gallinas, sin afectar el rendimiento productivo.

Geraldo *et al.* (2014) evaluaron un complejo enzimático compuesto por carbohidratasa (α -galactosidasa, galactomanano, xilanas y β -glucanasa) en niveles de 0.0% 0.02; 0.03 y 0.04% de inclusión en dietas para gallinas ponedoras Brown y su efecto sobre el rendimiento productivo y la calidad del huevo. Se utilizaron cuatrocientos gallinas Brown de 42 a 57 semanas de edad, fueron distribuidos al azar con cinco tratamientos y 8 repeticiones, durante cinco períodos de producción de 21 días. Las variables estudiadas fueron: producción de huevo, consumo de alimento, peso medio del huevo, conversión alimenticia, la unidad Haugh, porcentaje de yema, clara de huevo y albúmina, yema de color, grosor de la cáscara del huevo y gravedad específica. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el consumo, incrementando en el tratamiento que recibió 0.04% de carbohidratasa. No se presentaron diferencias en los demás parámetros productivos y de calidad del huevo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución y duración

El trabajo experimental se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja De Aves de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el distrito de La Molina, provincia Lima y tuvo una duración de cinco (5) semanas equivalentes a treinta y cinco (35) días.

3.2 Instalaciones y equipos

El experimento se llevó a cabo en una sección de un galpón convencional destinado a la crianza de codornices con paredes de malla y techo a dos aguas ubicado en las instalaciones de la Granja De Aves de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los animales fueron alojados en doce (12) jaulas de una batería de metal de tres pisos, los pisos divididos en 4 jaulas siendo la densidad máxima de 15 animales por jaula. Asimismo, cada jaula está equipada con un comedero lineal ubicados en la parte externa y un bebedero tipo copa seca unido a tubos de PVC por donde circula agua fresca constantemente, ubicado en el interior.

El equipo utilizado para el presente estudio comprendió lo siguiente:

- Balanza electrónica con precisión de gramos.
- Balanza tipo plato.
- Útiles de limpieza.
- Registros físicos.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- Materiales de escritorio.

- Vernier o Pie de rey.
- Sobres de papel.
- Sal común.
- Densímetro.
- Baldes plásticos.
- Estufa.

3.3 Animales experimentales

Para el presente trabajo experimental se utilizaron 144 codornices hembras jóvenes recién entradas en la fase de postura, estas hembras procedían de un mismo lote, los cuales fueron distribuidos al azar en cuatro (4) tratamientos con tres (3) repeticiones cada uno, así se obtuvieron 12 unidades experimentales (jaulas) con 12 codornices cada una.

3.4 Manejo de animales

Se utilizaron 12 jaulas y en cada de ellas se colocaron 12 codornices distribuidas al azar. La parte experimental se inició pasada una semana de distribuidas las hembras en las jaulas, durante esta semana se les brindo una dieta de acostumbramiento y agua fresca *ad libitum*. El recojo de huevos se realizaba a las primeras horas del día, los huevos fueron pesados y colocados en recipientes diferenciados de acuerdo al tratamiento al que pertenecían. Pasada la semana de acostumbramiento, el agua fresca siguió siendo brindada *ad libitum*, sin embargo, el alimento se brindó según las dietas experimentales correspondientes a cada tratamiento.

3.5 Sanidad

La limpieza de las baterías y del galpón se realizó en forma continua. Durante el tiempo en que se llevó a cabo el estudio no se observó la presencia de alguna enfermedad, y las muertes que se produjeron se debieron principalmente a accidentes y condiciones ambientales adversas.

A las codornices no les afecta las enfermedades virales por tanto no se realizó ningún programa de vacunación. Como medida preventiva, al estrés que podría

presentarse por la constante manipulación de los animales, se le adicionaba al agua de bebida vitaminas del complejo B una vez por semana.

3.6 Producto a evaluar

Se evaluó el complejo enzimático BERGAZYM® P 100, producido por *Trichoderma longibrachiatum* genéticamente no modificado. El producto está compuesto por 15.000 EPU/g (Endo Pentosanase Units) de Endo-1,4- β -xilanasas, adicionalmente tiene acción secundaria como celulasa, α -amilasa, proteasa e inclusive como hemicelulasa.

La dosis recomendada para las raciones es de 70 g/TM, con una concentración enzimática mínima de 1050 EPU/kg.

Las dosis recomendadas son de 100, 70 y 70 g/TM en pollos de engorde, pavos y lechones respectivamente (Berg-Schmidt, 2015).

3.7 Tratamientos experimentales

En este trabajo experimental se evaluó cuatro tratamientos, cada uno de estos compuestos por tres repeticiones, cuya descripción es:

- I. **Tratamiento 1:** Dieta control.
- II. **Tratamiento 2:** Dieta con complejo enzimático (On Top; 0.070 kg/TM)
- III. **Tratamiento 3:** Dieta con 0.007% de complejo enzimático (reformulado con matriz nutricional de la enzima)
- IV. **Tratamiento 4:** Dieta 3 con 0.007 % de material inerte (arena fina) (control negativo del Tratamiento 3).

La composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3:

Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales de Postura

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS			
	Control %	OT %	DR %	CN %
Maiz amarillo	42.139	42.139	43.865	43.865
Torta de soya	35.956	35.956	34.485	34.485
Subproducto de trigo	8	8	8	8
Aceite vegetal	5.225	5.225	4.968	4.968
Fosfato dicalcico	0.973	0.973	0.985	0.985
Carbonato de calcio	6.612	6.612	6.614	6.614
Sal común	0.334	0.334	0.334	0.334
Metionina-DL	0.317	0.317	0.295	0.295
Lisina-HCL	0.044	0.044	0.047	0.047
Premezcla V-M	0.1	0.1	0.1	0.1
Cloruro de colina, 60	0.1	0.1	0.1	0.1
Secuestrante micotoxina	0.1	0.1	0.1	0.1
Antifungico	0.05	0.05	0.05	0.05
Antioxidante	0.05	0.05	0.05	0.05
Complejo enzimático	0	0.007	0.007	0
Material inerte (arena fina)	0	0	0	0.007
Total	100	100.007	100	100
VALOR NUTRICIONAL CALCULADO				
E.M., Kcal/kg	2800	2800	2800	2800
Proteína cruda, %	21	21	20.45	20.45
Lisina digestible, %	1.1	1.1	1.1	1.1
Met+Cis digestible, %	0.9	0.9	0.9	0.9
Treonina digestible, %	0.7	0.7	0.7	0.7
Triptofano digestible, %	0.23	0.23	0.23	0.23
Calcio, %	2.92	2.92	2.92	2.92
Fósforo disponible, %	0.3	0.3	0.3	0.3
Sodio, %	0.15	0.15	0.15	0.15

OT: dieta on top; DR: dieta reformulada (reformulado con matriz nutricional de la enzima); CN: control negativo (CN del tratamiento 3, con arena fina como material inerte)

4.4 Parámetros de evaluación

a) Porcentaje de Postura

Se define como el número total de huevos puestos en comparación con el número de codornices hembras en evaluación.

$$\% \text{ Postura / ave / alojada} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de huevos puestos}}{\text{N}^\circ \text{ Total de codornices en postura}} \times 100$$

b) Peso del Huevo

El peso promedio del huevo se obtuvo dividiendo el peso total de los huevos por tratamiento entre el número total de huevos del mismo tratamiento.

c) Espesor de Cáscara

Para determinar el grosor de la cáscara se utilizó un Vernier o Pie de rey, la evaluación se realizó una vez cada semana, siendo el promedio de 4 mediciones, una en cada polo y 2 en el ecuador del huevo, el resultado obtenido fue expresado en milímetros. Para medir este parámetro se tomó al azar 2 huevos por cada repetición de cada tratamiento durante la evaluación.

d) Porcentaje de Cáscara

La evaluación del peso de la cáscara se realizó pesando la cáscara del huevo cada semana hasta el final del experimento, tomando como muestra dos huevos por cada repetición de cada tratamiento. Primero se retiró el contenido del huevo y la cáscara fue enviada a secar a estufa a 120 °C por 24 horas, posteriormente se procedió con el pesado. Para determinar el peso de la cáscara se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cáscara del huevo} = \frac{\text{Peso de la cáscara (gr)}}{\text{Peso del huevo (gr)}} \times 100$$

e) Porcentaje de Yema

La evaluación del peso de la yema se realizó separando la yema de la clara, luego se llevó a pesar. Este parámetro fue evaluado cada semana hasta el final del

experimento, tomando como muestra dos huevos por cada repetición de cada tratamiento. Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Yema en el huevo} = \frac{\text{Peso de la yema (gr)}}{\text{Peso del huevo (gr)}} \times 100$$

f) Porcentaje de Albúmina

La evaluación del peso de la albúmina se obtuvo mediante la diferencia de pesos del huevo con la sumatoria del peso de la cáscara y la yema. Se evaluó cada semana hasta el final del experimento, tomando como muestra dos huevos por repetición de cada tratamiento. Para su determinación se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Albúmina} = \text{Peso del huevo (gr)} - \{ \text{Peso de la cáscara (gr)} + \text{Peso de la yema (gr)} \}$$

$$\% \text{ Albúmina} = \frac{\text{Peso de la albúmina (gr)}}{\text{Peso del huevo (gr)}} \times 100$$

g) Gravedad Específica del Huevo

Para determinar la gravedad específica, los huevos se colocaron en una canastilla para ser sumergidos en ocho baldes de 10 litros de capacidad donde cada uno de estos baldes contenían una solución salina a ocho concentraciones diferentes de sal con densidades de 1.050, 1.055, 1.060, 1.065, 1.070, 1.075, 1.080 y 1.085 g/ml. Las soluciones se prepararon disolviendo cantidades de sal común en agua. Una vez que estas soluciones fueron preparadas, se verificó su densidad con el uso de un densímetro graduado de 1.000 a 1.100.

La prueba de gravedad específica se realizó una vez por semana. El número total de huevos evaluados en cada prueba fue de 30 huevos por tratamiento (10 por cada repetición). De estas unidades experimentales se utilizó 10 huevos para realizar la prueba de gravedad específica. Cada 10 huevos fueron sumergidos en las diferentes soluciones, comenzando por la solución que posea menor densidad.

Los huevos que flotaron y llegaron a la superficie del agua en cada solución, fueron retirados y colocados en separadores de huevo previamente identificados.

Al término de la evaluación, se registró el número de huevos que flotaron en cada solución.

Para interpretar los valores de gravedad específica se tomó en cuenta que hay una alta correlación con el porcentaje de huevos quebrados, es decir, a menor gravedad específica mayor porcentaje de huevos quebrados.

h) Calidad Interna del Huevo

Esta evaluación se realizó una vez por semana, tomando dos huevos al azar de cada repetición, posteriormente se procedió a realizar el pesado de los huevos y luego se los rompieron para realizar cuatro mediciones de altura de albúmina alrededor de la yema. De todas las mediciones se obtuvo un promedio que sirvió para la utilización de la fórmula de conversión a Unidades Haugh (UH).

$$U. H. = 100 \log. (h - 1,7 p^{0.37} + 7.57)$$

Dónde:

U.H. = Unidades Haugh

h = Altura del albumen denso (mm)

p = Peso del huevo (gr)

4.5 Diseño Estadístico

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se realizó un análisis de variancia para determinar si hay diferencias significativas en el porcentaje de postura, peso del huevo, espesor de cáscara, porcentaje de cáscara, porcentaje de yema, porcentaje de albúmina, gravedad específica del huevo y calidad interna del huevo. Se utilizó la prueba de Duncan para la comparación entre los promedios de los tratamientos (Calzada, 1984).

Para estos análisis se utilizó el *Software SAS System for Windows V8* (1998). El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

i = 1, 2, 3, 4 tratamientos

j = 1, 2, 3 repeticiones

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta que se obtiene de la unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición

μ = Media aritmética general de la población

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto de la j -ésima unidad experimental a la que se le aplicó el i -ésimo tratamiento (error experimental).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de postura

El porcentaje de postura en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y en el Anexo 1. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para las durante las tres semanas evaluadas. Sin embargo, los valores numéricos, muestran que durante la segunda y tercera semana se observa la tendencia a que los tratamientos On Top (OT) y el tratamiento Control Negativo (CN), presenten mayores valores en comparación a los tratamientos Control (CP) y al tratamiento Reformulado (DR). El tratamiento On Top (OT), mejoro en 2% el porcentaje de postura en comparación al tratamiento Reformulado (DR), lo cual puede explicarse por el mayor contenido de proteína cruda en la dieta.

De igual forma Fuente *et al.*, (2006) y Gregorio *et al.*, (2006), no encontraron diferencias en el porcentaje de postura de gallinas ponedoras, entre una dieta control y una dieta reformulada con Allzyme SSF75, similar tendencia muestra Costa *et al.*, (2008), sin embargo, estadísticamente ($P<0.01$), la dieta On Top mejoro, en 6% el porcentaje de postura en gallinas ponedoras, en comparación a la dieta reformulada con la enzima Allzyme SSF75 (Fitasa, betaglucanasa, xilanasa, proteasa, celulasa, amiliasa y pectinasa). Remigio *et al.*, (2000), evaluó tres niveles de energía metabolizable 2.8; 2.9 y 3.0 Mcal EM/Kg, con y sin la inclusión de 0.1% de Allzyme-Vegpro, respectivamente en codornices de postura, en todos los casos la inclusión de la enzima incremento significativamente ($P<0.05$) el porcentaje de postura, hasta en 20% con el nivel de energía más bajo, demostrando la mayor eficiencia de las enzimas al disminuir el nivel de energía metabolizable.

Cuadro 4:

Efecto de la inclusión de un complejo enzimático sobre el comportamiento productivo y calidad de huevo de la codorniz japonesa

Parámetros	Control	OT	DR	CN
Porcentaje de postura 1° semana	86.90a	84.92a	84.92a	86.51a
Porcentaje de postura 2° semana	88.10a	91.27a	88.89a	92.07a
Porcentaje de postura 3° semana	89.68a	92.06a	90.48a	94.45a
Peso de huevo 1° semana	10.14a	10.39a	10.40a	10.20a
Peso de huevo 2° semana	10.92a	10.89a	10.97a	10.79a
Peso de huevo 3° semana	11.00a	11.06a	10.99a	10.89a
Espesor de cáscara 1° semana	0.33a	0.29ab	0.28b	0.26b
Espesor de cáscara 2° semana	0.32a	0.28b	0.26b	0.27b
Espesor de cáscara 3° semana	0.26a	0.27a	0.22b	0.25a
Porcentaje de cáscara 1° semana	8.79a	8.46a	8.44a	8.59a
Porcentaje de cáscara 2° semana	8.55a	8.41a	8.15a	8.26a
Porcentaje de cáscara 3° semana	8.86a	8.46a	8.27a	8.84a
Porcentaje de yema 1° semana	27.87a	31.94a	30.10a	31.25a
Porcentaje de yema 2° e semana	31.57a	35.23a	29.75a	33.23a
Porcentaje de yema 3° semana	33.89a	32.45a	31.82a	33.79a
Porcentaje de albúmina 1° semana	63.34a	59.59a	61.46a	60.16a
Porcentaje de albúmina 2° semana	59.89a	56.36a	62.10a	58.51a
Porcentaje de albúmina 3° semana	57.25a	59.09a	59.92a	57.37a
Gravedad específica 1° semana	1.38a	1.48a	1.43a	1.33a
Gravedad específica 2° semana	1.52a	1.62a	1.57a	1.48a
Gravedad específica 3° semana	1.57a	1.67a	1.57a	1.62a
Calidad Interna del Huevo 1° semana	89.64a	92.15a	93.70a	92.83a
Calidad Interna del Huevo 2° semana	86.32b	93.30a	95.26a	88.19b
Calidad Interna del Huevo 3° semana	88.99ab	89.42a	91.53a	86.46b

OT: dieta on top; DR: dieta reformulada; CN: Control negativo

^{a, b} en la misma fila expresan diferencias significativas

DCA, con Prueba de medias de Duncan ($\alpha=0.05$)

De igual forma Pan *et al.*, (1998), quienes evaluaron el Roxazyme® (11.08 m/g de Celulasa, 27.17 m/g de Glucanasa y 36.94 m/g de Xilanasa), en dietas que contenían trigo o arroz, con la inclusión de la enzima en 0.1%, no encontraron diferencias en el porcentaje de postura en gallinas ponedoras, sin embargo, este parámetro aumento numéricamente al utilizar la enzima.

4.2 Peso del huevo

El peso del huevo en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y el Anexo 2. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para las tres evaluaciones. Sin embargo los valores numéricos, muestran que durante la tercera evaluación se observa que el tratamiento On Top (OT) presenta mayores valores en comparación a los tratamientos Control (CP), Reformulado (DR) y Control Negativo (CN), en este tratamiento On top (OT) se presenta hasta 1.5% mayor peso que el tratamiento Control Negativo (CN), esto podría deberse a que cuando se utiliza la dieta On Top (OT), el suministro de nutrientes se incrementa, no sólo debido a una mayor digestibilidad de los nutrientes del alimento, sino también debido a la contribución de la matriz nutricional de la enzima.

Similares resultados encontraron Costa *et al.* (2008) y Pan *et al.* (1998), quienes evaluaron el Allzyme SSF75 y el Roxazyme®, respectivamente, en dietas que contenían trigo o arroz. Con la inclusión de la enzima en 0.1%, no encontraron diferencias en el porcentaje de postura en gallinas ponedoras, sin embargo, este parámetro aumento numéricamente al utilizar la enzima. En tanto que Scheideler *et al.* (2005), quienes evaluaron el Avizyme 1500 (amilasa, xilanasa y proteasa), no encontraron diferencias estadísticas al incluir enzimas exógenas en la alimentación de gallinas en postura Hy-Line W-36 y Babcock B-300, al evaluar dos niveles de energía metabólica y 0.075% de la enzima evaluada.

Gunawardana *et al.*, (2009); Novak *et al.*, (2008) y Jalal *et al.*, (2007), quienes evaluaron las mezclas de xilanasa/glucanasa y otros componentes; xilanasa/amilasa/proteasa y xilanasa/amilasa/proteasa, respectivamente, de igual

forma no encontraron diferencias estadísticas ni numéricas al evaluarlas en dietas con diferentes niveles de energía metabólica en gallinas de postura.

Ensayos en pollos, utilizando 0.025% de Bengazyn P, incrementan hasta en 4% el peso final y disminuyen en 6% la conversión alimenticia (Berg-Schmidt, 2015).

4.3 Espesor y porcentaje de cáscara

El espesor de cáscara en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y el Anexo 3. El análisis de varianza indica que existen diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en la primera y tercera evaluación y alta diferencia estadística ($P < 0.01$) en la segunda evaluación. Sin embargo, se puede observar, que numéricamente el tratamiento On Top (OT) incremento en 18% el espesor de cáscara en comparación con el tratamiento Reformulado (DR).

Yörük *et al.* (2006), evaluaron un complejo enzimático, que contenía fungal xilanasas, fungal β -glucosasa, 1-amilo, pectinasa, β -glucosasa, endo- β -glucosasa, pentosonasa, pectinasa y hemicelulasa, en niveles de 0.0; 0.12 y 0.2% en dietas en base a maíz y torta de soya, no encontrando diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en el espesor de cáscara de los huevos de gallinas ponedoras, de igual forma que Dipeolu *et al.*, (2005).

El porcentaje de cáscara en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y el Anexo 4. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos para las tres evaluaciones. Sin embargo, se puede observar, que numéricamente el tratamiento Control (DC), incremento en 6% el porcentaje de cáscara en comparación al tratamiento Reformulado (DR), lo cual indica que los nutrientes asimilados por la codorniz se utilizaron para sintetizar albúmina. Se puede observar también, que el tratamiento Control (CP) contiene mayor proteína en comparación al tratamiento Control Negativo (CN) con menor proteína, incrementando en 1% el parámetro evaluado, de igual forma las dietas con enzimas, el tratamiento OT con mayor proteína incremento el parámetro evaluado en 2% en comparación al tratamiento RD.

Evaluaciones realizadas en gallinas de postura por Scheideler *et al.* (2005) y Abudabos (2011), quienes evaluaron el Avizime 1500 y un complejo enzimático que contenía 300 U/g xilanasas, 4000 U/g proteasa y 400 U/g α -amilasa, respectivamente, no encontraron diferencias estadísticas ni numéricas en el porcentaje de cáscara. Gunawardana *et al.*, (2009), evaluaron el complejo enzimático Rovabio en 0.05% (1.2 millones de xilanasas 105 β -glucanasa en U/907 kg de alimento), en gallinas Hy-line, no encontrando diferencias estadísticas en el porcentaje de cáscara, sin embargo, a mayor contenido de proteína y menor contenido de energía, disminuyó numéricamente el porcentaje de cáscara.

4.4 Porcentaje de yema

El porcentaje de yema en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y el Anexo 5. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos para las tres evaluaciones.

Los resultados son similares a los presentados por Scheideler *et al.* (2005) y Abudabos (2011) en gallinas en postura. De igual forma Silversides *et al.*, (2006), evaluó dos niveles de xilanasas (0 y 2000 U/Kg), en ISA Brown e ISA White, no encontrando diferencias en el porcentaje de yema. Geraldo *et al.*, (2014), de igual forma no encontró diferencias estadísticas al utilizar tres niveles de carbohidratasa (0.02; 0.03 y 0.04%), que contenía 35 U/g α -galactosidasa, 110 U/g galactomanasa, 1,100 U/g β -glucanasa y 1,500 U/g xilanasas, en dietas para gallinas en postura de la línea *Brown*, incluso el porcentaje yema disminuía numéricamente conforme se incrementaba el nivel de uso de la enzima, en comparación a la dieta control.

Yörük *et al.*, (2006), evaluaron un complejo enzimático en gallinas en postura, sin encontrar diferencias estadísticas en el porcentaje de yema, pero el mismo incremento numéricamente al aumentar el nivel de la enzima evaluada.

4.5 Porcentaje de albúmina

El porcentaje de albúmina en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y el Anexo 6. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para las tres evaluaciones.

Los resultados son similares a los presentados por Scheideler *et al.* (2005), Abudabos (2011) y Geraldo *et al.*, (2014), en gallinas en postura; sin embargo, Silversides *et al.*, (2006), evaluó dos niveles de xilanas, en ISA Brown e ISA White, encontrando diferencias significativas en el porcentaje de albúmina. Ninguno de los autores refiere información sobre la causa de los resultados. Los resultados son similares a los presentados por Yörük *et al.*, (2006).

4.6 Gravedad específica del huevo

La gravedad específica del huevo en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y el Anexo 7. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para las tres evaluaciones.

Wu *et al.*, (2005), no encontró diferencias estadísticas al probar la β -manasa (106 U/Kg) en dos niveles de uso (0.0 y 0.05%) y tres niveles de energía metabolizable, en dietas comerciales para gallinas Leghorns, desde la 5° a 12° semana de evaluación. De forma similar Benabdeljelil y Arbaoui (1994), al evaluar Kemizyme y Avizyme en dietas a base de cebada, para gallinas en postura, no encontrando diferencias significativas en la gravedad específica, pero Avizyme presentó la tendencia de disminuir el parámetro evaluado en comparación al Kemizyme.

4.7 Calidad interna del huevo

La calidad interna del huevo, medida por las unidades Haugh, en la primera, segunda y tercera evaluación se muestra en el Cuadro 4 y el Anexo 8. Los resultados nos indican que la diferencia es significativa ($P<0.05$) entre la tercera evaluación. En la segunda evaluación se obtuvo 9% mayor calidad del huevo, con el tratamiento Dieta Reformulada (DR) en comparación al tratamiento Control (CP). Los tratamientos On Top (OT) y con Dieta Reformulada (DR) incrementan en 7% la

calidad del huevo en comparación a los tratamientos Control (CP) y Control Negativo (CN). Además, la utilización de la enzima evaluada presentó mayores valores en el tratamiento con Dieta Reformulada (DR) que en el tratamiento On Top (OT).

Los resultados no coinciden con los presentados por Geraldo *et al.*, (2014), Gunawardana *et al.*, (2009), Scheideler *et al.* (2005), Dipeolu *et al.*, (2005) y Benabdeljelil & Arbaoui (1994), quienes no encontraron diferencias estadísticas en la calidad del huevo de gallinas en postura, al utilizar enzimas.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos bajo las condiciones del presente estudio permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1. La inclusión del complejo enzimático comercial (*Bergazim P*) en dietas para codornices, no presentó diferencias estadísticas en el porcentaje de postura, peso del huevo, espesor de cáscara, porcentaje de cáscara, porcentaje de yema, porcentaje de albúmina y gravedad específica.
2. El tratamiento con la dieta reformulada mejoró significativamente la calidad interna del huevo.
3. La utilización del complejo enzimático comercial (*Bergazim P*) permite utilizar dietas con 3% menos proteína, sin afectar los parámetros de calidad del huevo.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos, bajo las condiciones del presente estudio permiten recomendar lo siguiente:

1. Realizar estudios similares, utilizando un nivel de inclusión mayor de *Bergazim P* en dietas con menores niveles de proteína en la alimentación de aves de postura.
2. Utilizar un complejo enzimático comercial como *Bergazim P* en dieta de aves de engorde.
3. Al incluir *Bergazim P* en dietas para codornices, es recomendable realizar una formulación *on top*.

VII. REVISION BIBLIOGRÁFICA

ABUDABOS, AM. 2011. Effect of enzyme supplementation and wheat middlings as an alternative to corn on laying hens performance. *Italian Journal of Animal Science*.

ACOSTA, A.; CÁRDENAS, M. 2006. Enzimas en la alimentación de las aves. *Fitasas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 40, núm. 4, pp. 377-387. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.

ALMIRALL, M; ESTEVE-GARCIA, E. 1994. Rate of passage of barley diets with chromium oxide: Influence of age and poultry strain and effect of β -glucanase supplementation. *Poultry Science*. Sep;73(9):1433-40.

ANNISON, G. 1991. Relationship between the levels of soluble non starch polysaccharides and the apparent metabolizable energy of wheats assayed in broiler chickens. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 39 (7), pp 1252–1256.

ANTONIOU, T; MARQUARDT, RR; CANSFIELD, E. 1981. Isolation, Partial characterization, and antinutritional activity of a factor (pentosans) in rye grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 28, 12401247.

APAJALAHTI, J. 1999. Improve bird performance by feeding its microflora. *World poultry*. 15(2):20-23.

ÁVILA, G. E. 1992. *Alimentación de las Aves*. 2ª Edición. Editorial Trillas. México.

BALL, AS; MCCARTHY, AJ. 1989. Production and purification of xylanase from actinomycetes. *J Appl Bacteriol*. 66:439–444.

BATAILLE, PF; TOUSSAINT, P. 1985. The effect of pretreatment on the enzymic hydrolysis of cellulosic industrial waste. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 35B: 205-215.

BEDFORD, MR; PATIENCE, JF; CLASSEN, H; INBORR, J. 1992. The effect of dietary enzyme supplementation of rye- and barley-based diets on digestion and subsequent performance in weanling pigs. *Carl. Animal. Sci.* 72, 97.

- BEG, QK; BHUSHAN, B; KAPOOR, M; HOONDAL, GS.** 2000. Production and characterization of thermostable xylanase and pectinase from a *Streptomyces sp.* QG-11-3. J Ind Microbiol Biotechnol. 24: 396–402.
- BENABDELJELIL, K; ARBAOUI, ML.** 1994. Effects of enzyme supplementation of barley-based diets on hen performance and egg quality Animal Feed Science and Technology 48:325-334
- BERG-SCHMIDT.** 2015. Bergazim P (en línea). Consultado 17 agosto 2017. Disponible en <http://www.berg-schmidt.de>
- BHATTY, RS.** 1987. Relationship between acid extract viscosity and total soluble and insoluble β -glucan contents of hulled and hullless barley. Can. J. Poultry Science. 67:997–1008.
- BIELY, P; VRSANSKA, M; TENKANEN, M; KLUEPFEL, D.** 1997. Endobeta-1,4-xylanase families: Differences in catalytic properties. Journal of Biotechnology, 57: 151–166.
- BRENES, A; MARQUARDT, RR; GUENTER, WY; VIVEROS, A.** 1993. Efectos de la adición de enzimas en el desarrollo y tamaño del conducto gastrointestinal de pollos alimentados con semilla de lupina y sus fracciones. España. 2002. Poultry Science. 81:670-678.
- BROZ, J; FRIGG, M.** 1986. Effects of cellulolytic enzyme products on the feeding value of various broiler diets. Arch. Geflügelk. 50(3):104-110.
- BRUFAU J.** 2002. Las enzimas en la alimentación avícola, un cambio remarcable. Selecciones avícolas. Departamento de Nutrición Animal. IRTA. Centre de Mas Bové. Reus.
- BÜHLER, M; LIMPER, J; MÜLLER, A; SCHWARZ, G; SIMON, O; SOMMER, M; SPRING, W.** 1998. Las enzimas en la nutrición animal. Ed. AWT. Bonn, AL.
- BUMETT, GS.** 1962. The effect of damaged starch, amylolytic enzymes, and proteolytic enzymes on the utilization of cereals by chickens. Brit. Poultry Science. 3:89-102.
- CALZADA, J.** 1984. Métodos Estadísticos para la Investigación, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 527p.
- CAREY, JB.** 1998. Factores que influyen en la calidad del cascarón. Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica. Publicaciones de Midia Relaciones S.A.

- CHOCT, M; ANNISON, A.** 1997. Feed non-starch polysaccharides: chemical structure and nutritional significance. Feed Ingredient Asia, Singapore
- CHOCT, M; ANNISON, G.** 1990. Antinutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *British Poultry Science* 31, 811821.
- COATES, ME ; COLE, CB ; FULLER, R ; HOUGHTON, SB ; YOKOTA, H.** 1981. The gut microflora and the uptake of glucose from the small intestine of the chick. *Br. Poultry Science*. 2:289-294.
- COELHO, BM.** 1997. Technical specifications and properties of Natugrain® NSP Enzyme. Basf technical symposium.
- COSTA, FG; OLIVEIRA, CFS; GOULART, CC; FIGUEIREDO, SF.** 2008. Use of exogenous enzymes on laying hens feeding during the second production cycle. *International Journal of Poultry Science* 7(4): 333-338.
- COURTIN, CW; DELCOUR, JA.** 2001. Relative activity of endoxylanases towards water extractable and water-no extractable arabinixylan. *Journal of Cereal Science*, 35: 301-312.
- COUTINHO, PM; HENRISSAT, B.** 1999. Carbohydrate-active enzymes (en línea). Consultado 15 agosto 2017. Disponible en <http://www.cazy.org/Citing-CAZy.html>
- CUTLER, BA; VOHRA, P.** 1977. Pantothenic acid requirements of Japanese quail for growth and production. *Poultry Science*. 56: 1707.
- DE SILVA, S; HESSELMAN, K; AMAN, P.** 1983. Effects of water and alfa - glucanasas treatment on non-starch polysaccharides in endosperm of low and high viscous barley. *Swedish J. Agric. Res.*13:211-219.
- DIPEOLU, MA; ERUVBETINE, D; OGUNTONA, EB; BANKOLE, OO; SOWUNMI, KS.** 2005. Comparison of effects of antibiotics and enzyme inclusion in diets of laying birds. *Arch. Zootec.* 54: 3-11
- DONKERS, W.** 1989. Enzymes are nature's teeth. *Pig's*.15-16p.
- ECHEVERRÍA, J.** 2004. Crianza de codornices Bobwhite. *ECAG. Atenas, C.R.*, (29):21-23.
- EDWARDS, HM. Jr.** 1981. Carcass Composition Studies. 3. Influences of age, sex and calorie-protein content of the diet on carcass composition of japanese quail. *Poultry Science* 60: 2506-2512.

- ELWINGER, K; THOMKE, S.** 1982. Influence of increasing levels of beta-glucanase on the productive value of barley diets for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 7:351-358.
- ENGLYST, H.** 1989. Starch and non-starch polysaccharides in some cereal foods. *Animal Feed Science and Technology*, 23(3):27-42
- FEDNA** (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, España). 1999. V Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Eds.: P.G. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos.
- FENGLER, AI; MARQUARDT, RR.** 1988. Water-soluble pentosans from rye. II. Effects on the rate of dialysis and on the retention of nutrients by the chick. *Cereal Chemistry* 65: 298–302.
- FRANCESCH, M; PÉREZ, VAM; GARCÍA, EE; BRUFAU, J.** 1995. Enzyme supplementation of a barley and sunflower-based diet on laying hen performance. *J. Appl. Poultry Res.* 4:32-40.
- FUENTE, B; JINEZ, T; VALLE, K.** 2006. Empleo de Allizime™ SSF en dietas para gallinas de segundo ciclo. (S.L.) Allyzime™ SSF, 54-55p.
- GACESA, P; HUBBLE, J.** 1990. Tecnología de las enzimas. Editorial Acribia. Zaragoza-España.
- GERALDO, A; RODRIGUES, K; FASSANI, EJ; BERTECHINI, AG; SIMÃO, SD;D NOGUEIRA, FS.** 2014. Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 36(3): 285-290
- GOHL, B; THOMKE, S.** 1976. Digestibility coefficients and metabolizable energy of barley diets for layers as influenced by geographical area of production. *Poultry Science.* **55:2369–2374.**
- GRAHAM, H; INBORR, J.** 1993. Stability of enzymes during processing. *Feed Mix.* 1(3):18.
- GREGORIO, AFJ; NARANJO, AZ; FRIO, AJL.** 2006. El efecto de Allzyme™ SSF sobre el desempeño de ponedoras bajo las condiciones de Filipinas. (S.L.) Allzyme™ SSF, 62-66p.

- GRUPPEN, H; KOMELINK, FJM; VORAGEN, AGJ.** 1993. Water unextractable cell wall material from wheat flour. III. A structural model for arabinoxylans. *Journal of Cereal Science*, 19: 111–128.
- GUNAWARDANA, P; ROLAND, D; BRYANT, M.** 2009. Effect of dietary energy, protein, and a versatile enzyme on hen performance, egg solids, egg composition, and egg quality of Hy-Line W-36 hens during second cycle, phase two. *J. App. Poult. Res.* 18(1): 43-53.
- HAHN-HÄGERDAL, B; PALMQVIST, E.** 2000. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: Inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology*. 74: 25-33.
- HARKER, A.** 1998. Aplicación de enzimas líquidas en alimentos. *Feed & Grain*. Enero. p. 12-17.
- HERVÉ, J.** 1998. Use of enzymes in poultry. *Memorias del 2º seminario de microbiología aplicada a nutrición animal*. México, D.F.
- HESELMAN, K; AMAN, P.** 1986. The effect of α -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low or high-viscosity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 15:83-93.
- HESELMAN, K; ELWINGER, K; NILSON, M; THOMKE, S.** 1981. The effect of glucanase supplementation, stage of ripeness and storage treatment of barley in diets fed to broiler chickens. *Poultry Sci.* 60:2664-2671.
- INRA (Institut National de Recherche Agronomique).** 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. 2ª ed. INRA, París, Francia. 137-140 p.
- JALAL, M; SCHEIDELER, S; PIERSON, E.** 2007. Strain response of laying hens to varying dietary energy levels with and without Avizyme supplementation. *J. App. Poult. Res.* 16(3): 289-295.
- JEFFRIES, TW.** 1996. Biochemistry and genetics of microbial xylanases. *Current opinions in Biotechnology*, 7: 337–342.
- KERNKAMP, WF.** 1990. *Enzimas en la alimentación animal*. Trouw Ibérica. Madrid, ES.
- KNARREBORG, A; SIMON, MA; ENGBERG, RM; JENSEN, BB; TANNOCK, JW.** 2002. Effects of Dietary Fat Source and Subtherapeutic Levels of Antibiotic on the

Bacterial Community in the Ileum of Broiler Chickens at Various Ages. *Applied and environmental microbiology*. 68(12): 5918–5924

KNOB, A; TERRASAN, C; CARMONA, E. 2010. β -Xylosidases from filamentous fungi: an overview. *World J Microbiol Biotechnol*. 26: 389– 407.

KNUDSEN, K. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed. Sci. Technol*. 67:319-338

KRENGEL, U; DIJKSTRA, BW. 1996. Three-dimensional Structure of Endo- 1,4- β -xylanase from *Aspergillus niger*: Molecular Basis for its Low pH Optimum. *Journal of Molecular Biology*. 263(1): 70-78.

LADISCH, MR; LIN, KW; VOLOCH, M; TSAO, GT. 1983. Process considerations in the enzymatic hydrolysis of biomass. *Enzyme and Microbial Technology*. 5: 82-102.

LARBIER, M; LECLERCQ, B. 1994. Nutrition and feeding of poultry. J. Wiseman (Ed.). Nottingham University Press, Loughborough. pp. 199-221.

LARSEN, R; GARCÍA, M; MENDEL, PY; MATEOS, GG. 1993. Influencias de enzimas en el rendimiento y parámetros digestivos de pollos de engorde alimentados con dietas a base de centeno. *Poultry Science*.82:132-140.

LÁZARO, R; LATORRE, MA; MEDEL, P; GRACIA, M; MATEOS, GG. 1994. Régimen de alimentación y suplementación de enzimas para dietas de pollos de engorde basadas en centeno. *Poultry Sci*. 83:152160.

LEE, J. 1997. Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. *Journal of Biotechnology*. 56: 1-24.

LEESON, S.; SUMMERS, JD. 1997. *Commercial Poultry Nutrition*. 2ª ed. S. Leeson y J.D. Summers (Eds.). University Books. Guelph. Ontario, CA. 341-350 p.

LEESON, S; SUMMERS, JD. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3ª ed. S. Leeson y J.D. Summers (Eds.). University Books. Guelph. Ontario, CA. 385-394 p.

LJUNGDAHL, LG; ERIKSSON, KE. 1985. Ecology of microbial cellulose degradation. *Advances in Microbiology and Ecology*. 8: 237-299.

MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 2004. Estudio de caracterización de la avicultura de carne alternativa en España. Madrid, España. 287 p.

MARKS, HL. 1993. Carcass Composition, Feed Intake, and Feed Efficiency Following Long-Term Selection for Four-Week Body Weight in Japanese Quail. *Poultry Science*. 72: 1005-1011

- MARSDEN, WL; GRAY, PP.** 1986. Enzymatic hydrolysis of cellulose in lignocellulosic materials. *CRC Critical Reviews in Biotechnology*. 3: 235-274.
- MATHLOUTHI, N ; MALLET, S; SAULNIER, L; QUEMENER, B ; LARBIER, M.** 2002. Effect of xylanase and beta-glucanase addition on performance, nutrient digestibility and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley based diet. *Anim Res* 51: 395-406
- MCDOWELL, LR.** 2000. *Vitamins in Animal and Human Nutrition*. (2^a Ed). Iowa State University Press. Iowa, EE.UU. 793 pp.
- MURAKAMI, AE; MORAES, VMB; ARIKI, J; JUNQUEIRA, OM; KRONKA, SN.** 1993a. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. *R. Bras. Zootec.* 22: 534-540.
- MURAKAMI, AE; MORAES, VMB; ARIKI, J; JUNQUEIRA, OM; KRONKA, SN.** 1993b. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em crescimento *R. Bras. Zootec.* 22: 541-551.
- NOVAK, C; YAKOUT, H; REMUS, J.** 2007. Response to varying dietary energy and protein with or without enzyme supplementation on growth and performance of leghorns: Growing period. *J. App. Poult. Res.* 16(4): 481-493.
- NOY, Y; SKLAN, D.** 1995. Posthatch Development in Poultry. *J. Appl. Poultry Sci* 6 :344-354
- NRC (National Research Council, EE.UU.).** 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 8th rev. Washington DC, EE.UU. 44-45
- OLIVEIRA, NTE; SILVA, MA; SOARES, RTRN; FONSECA, JB; THIEBAUT, JTL.** 2002. Crude Protein and Metabolizable Energy Requirements for Japanese Quails Reared for Meat Production. *R. Bras. Zootec.* 31: 675-686.
- OLIVEIRA, NTE; SILVA, MA; SOARES, RTRN; FONSECA, JB; THIEBAUT, JTL; FRIDRICH, AB; DUARTE, RG; TEIXEIRA, LV.** 2002. Energy and protein requirements for male Japanese quails reared for meat production *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 54: 196-203.
- PACK, M; BEDFORD, M; WYATT, C.** 1998. Feed enzymes may improve corn-sorghum diets. *Feedstuffs*. 18-19p.

- PAN, C; IGBASAN, F; GUENTER, W.** 1998. Effects of enzyme and inorganic phosphorus supplements in wheat and rye-based diets on laying hen performance, energy and phosphorus availability. *Poultry Science*. 77: 83-89
- PETTERSON, D; AMAN, P.** 1989. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *British Journal of Nutrition* 62, 139-149.
- PINTO, R; FERREIRA, AS; DONZELE, JL; ALBINO, LFT; SILVA, MA; SOARES, RTR; PEREIRA, CA.** 2003b. Methionine plus cystine requirement for growing japanese quails. *R. Bras. Zootec.* 32: 1174-1181.
- PIQUER, F J.** 1996. Bases de la utilización de complejos enzimáticos en nutrición animal: Estudio comparativo entre especies. Memorias de XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, ES.
- PITSON, SM; SEVIOUR, RJ; MC DOUGALL, BM.** 1993. Noncellulolytic fungal α -glucanases: Their physiology and regulation. *Enzyme Microb Technol.* 15:178-192.
- POLIZELI, ML; RIZZATTI, AC; MONTI, R; TERENCE, HF; JORGE, JA; AMORIM, DS.** 2005. Xylanases from fungi: properties and industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 67: 577–591.
- POWELL, SR.** 2000. The Antioxidant Properties of Zinc. *J. Nutr.* 130: 1447S-1454S
- REBOLLAR, M.** 2002. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extruidos. Programa Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias Pecuarias. Universidad Cilima - México.
- REHMAN, H; ROSENKRANZ, C; BÖHM, J; ZENTEK, J.** 2007. Dietary Inulin Affects the Morphology but not the Sodium-Dependent Glucose and Glutamine Transport in the Jejunum of Broilers. *Poultry Science*. 86 (1): 118-122
- REMIGIO, R; VERGARA, V; DIAZ, G.** 2000. Evaluación de enzimas digestivas Allzyme-Vegpro en dietas con diferentes niveles de energía metabolizable para codornices en postura. PIPS en Alimentos.
- REXEN, B.** 1981. Use of enzymes for improvement of feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 6:105-114.
- RICHTER, A ; LOSCHER, W ; WITTE, W.** 1990. Feed additives with antibacterial effects—pharmacologic/toxicologic and microbiologic aspects. *Prak. Tierarzt.* 77:603
- ROBERTSON, JA ; EASTWOOD, MA.** 1981. A method to measure the water-holding properties of dietary fibre using suction pressure. *Br. J. Nutr.* 46, 241

- ROSSNAGEL, BG; CLASSEN, HL; THACKER, PA.** 1989. Genotypic and environmental differences in extract viscosity of barley and their relationship to its nutritive value for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26:221-230.
- ROTTER, BA; FRIENSEN, OD; GUENTER, W; MARQUARDT, RR.** 1989. Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. *Poultry Science.* 69:1174-1181
- RYCHEN, G.; AQUILINA, G.; AZIMONTI, G.;** 2017. Safety and efficacy of Bergazym® P100 (endo-1,4-xylanase) as a feed additive for chickens for fattening, weaned piglets and pigs for fattening. *EFSA Journal* 15(2):4707.
- SANTOMÁ, G.** 1989. En: Proceedings of the 7th European Symposium on Poultry Nutrition. IRTA. Barcelona, ES. 179-197p.
- SANZ, MR; KORSBAK, A; BRUGGER, R; PONTOPPIDAN, Y.** 2010. Proteasas para la alimentación de aves (en línea). Consultado 31 Mar. 2015. Disponible en <http://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2010/11/5632-proteasas-para-alimentacion-de-las-aves.pdf>
- SAS** (Statistical Analysis System, EU). 1998. Aplicaciones de SAS en la investigación científica. Eds. E Flores; G Gutiérrez. Lima, PE.
- SAVORY, CJ.** 1992. Enzyme supplementation, degradation and metabolism of three U-14C-labelled cell-wall substrates in the fowl. *Br. J. Nutr.* 67:91-102
- SCHEIDELER, SE; BECK, MM; ABUDABOS, A.** 2005. Multiple-enzyme (Avizyme) supplementation of corn soy-based layer diets. *J. Appl. Poult. Res.*, 14:77-86.
- SELINGER, L; FOSBERG, C; CHENG, K.** 1997. The rumen. A unique source of enzymes of enhancing livestock production, *anaerobe.*2:263-284.
- SHIM, KF.** 2004. The nutrition and management of japanese quail in the Tropics (en línea). Consultado 25 abril 2015. Disponible en <http://www.thatquailplace.com/quail/coturn1.htm>
- SILVA, JHV; SILVA, MB; JORDÃO FILHO, J; SILVA, EL; ANDRADE, IS; MELO, DA; RIBEIRO, MLG; ROCHA, MRF; COSTA, FGP; DUTRA, WM.** 2004. Maintenance and weight gain of crude protein and metabolizable energy requirements of japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) from 1 to 12 days of age. *R. Bras. Zootec.* 33: 1209-1219.

- SILVERSIDES, FG; SCOTT, TA; KORVER, DR; AFSHARMANESH, M; HRUBY, M.** 2006. A Study on the Interaction of Xylanase and Phytase Enzymes in Wheat-Based Diets Fed to Commercial White and Brown Egg Laying Hens. Poultry Science Association 85:297-305
- SKENDI, A; BILIADERIS, CG; LAZARIDOU, A; IZYDORCZYK, MS.** 2003. Structure and rheological properties of water soluble glucans from oat cultivars of *Avena sativa* and *Avena bysantina*. Journal of Cereal Science, 38, 15-31.
- SOARES, RT; FONSECA, JB; SANTOS, ASO; MERCANDANTE, MB.** 2003. Protein requirement of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing and laying periods. Rev. Bras. Cienc. Avic. 5: 153-156.
- SOTO-SALANOVA.** 1997. Uso de enzimas para alcanzar el máximo potencial de las materias primas para dietas de avicultura. Memorias del IX Simposio de Avances Tecnológicos. Cancún Q.R, México. Novus. International Latinoamérica.
- SPRING, P; NEWMAN, KE; WENK, C; MESSIKOMMER, R; VUKIC, VM.** 1996. Effect of pelleting temperature on the activity of the different enzymes. Poultry Sci. 75:357-361.
- TOVAR, J; FRANCISCO, A; BJORK, I; ASP, N.** 1991. Relationship between microstructure and in vitro digestibility of starch in pre-cooked leguminous seed flour. Food Struct. 10:19-26.
- VEERESH, J; JIN, CW.** 2012. Microbial xylanases: Engineering, production and industrial applications. Biotechnology Advances. 30: 1219–1227.
- VELDMAN, A; VAHL, HA.** 1994. Xylanase in broiler diets with differences in characteristics and content of wheat. Brasil Poultry Science. 35(4):537-50.
- VIVEROS, A; BRENES, A; ARIJA, I; CENTENO, C.** 1994. Efectos de la suplementación de fitasa microbial en la utilización de minerales y actividades de enzimas en suero en pollos de engorde alimentados con diferentes niveles de fósforo. Poultry Science. 81:1172-1183.
- VUKIC, VM; WENK, C.** 1993. Influence of heat treatment on the effect of supplemental polysaccharide splitting enzymes in feed for laying hens. Proc. Soc. Nutr. Physiol.
- WAGNER, DD; THOMAS, OP.** 1987. Influence of diets containing rye or pectin on the intestinal flora of chicks. Poultry Science 57: 971-975.

WHITE, WB; BIRD, HR; SUNDE, ML; PRENTICE, N; BURGERAND, WC; MARLETT, JA. 1981. The viscosity interaction of barley beta-glucan with *Trichoderme viride cellulase* in the chick intestine. Poultry Science. 60:1043-1048.

WU, G; BRYANT, MM; VOITLE, RA; ROLAND, DA. 2005. Effects of β -Mannanase in Corn-Soy Diets on Commercial Leghorns in Second-Cycle Hens. Poultry Science 84 (6): 894-897.

WYATT, LC; BEDFORD, M; LE NY, P. 1999. Using feed enzymes to maximize nutrient utilization in corn-based poultry diets. Memorias del II Seminario internacional sobre enzimas y betaína. Nevada, EU.

YÖRÜK, MA; GÜL, M; HAYIRLI, A; KARAOĞLU, A. 2006. Multi-Enzyme Supplementation to Peak Producing Hens Fed Corn-Soybean Meal Based Diets M.A. International Journal of Poultry Science 5(4): 374-380

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Repeticiones de Porcentaje de Postura

Dieta control				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	78.57	83.33	98.81	86.9
2° semana	75.00	90.48	98.81	88.10
3° semana	78.57	91.67	98.81	89.68
Dieta on top				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	79.76	88.10	86.90	84.92
2° semana	83.33	97.62	92.86	91.27
3° semana	82.14	97.62	96.43	92.06
Dieta reformulada				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	88.10	86.90	79.76	84.92
2° semana	92.86	90.48	83.33	88.89
3° semana	94.05	92.86	84.52	90.48
Control negativo				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	90.48	92.86	76.19	86.51
2° semana	94.05	94.05	88.10	92.07
3° semana	92.86	100.00	90.48	94.45

Anexo 2: Repeticiones de Peso del Huevo

Dieta control				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	10.43	9.82	10.17	10.14
2° semana	11.11	10.73	10.91	10.92
3° semana	11.10	10.91	11.00	11.00
Dieta on top				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	10.50	10.18	10.50	10.39
2° semana	10.91	10.75	11.00	10.89
3° semana	11.00	10.92	11.25	11.06
Dieta reformulada				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	10.40	10.50	10.30	10.40
2° semana	10.75	11.36	10.80	10.97
3° semana	10.82	11.17	11.00	10.99
Control negativo				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	10.00	10.36	10.22	10.20
2° semana	10.75	10.82	10.80	10.79
3° semana	10.91	10.75	11.00	10.89

Anexo 3: Repeticiones de Espesor de Cáscara

Dieta control				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	0.34	0.34	0.29	0.33
2º semana	0.34	0.32	0.30	0.32
3º semana	0.28	0.25	0.24	0.26
Dieta on top				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	0.31	0.28	0.29	0.29
2º semana	0.28	0.28	0.28	0.28
3º semana	0.26	0.28	0.26	0.27
Dieta reformulada				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	0.28	0.28	0.29	0.28
2º semana	0.26	0.26	0.27	0.26
3º semana	0.23	0.23	0.21	0.22
Control negativo				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	0.26	0.29	0.24	0.26
2º semana	0.27	0.27	0.26	0.27
3º semana	0.26	0.24	0.24	0.25

Anexo 4: Repeticiones de Porcentaje de Cáscara

Dieta control				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	8.91	9.14	8.33	8.79
2° semana	8.18	8.94	8.51	8.55
3° semana	9.48	8.89	8.20	8.86
Dieta on top				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	8.02	8.61	8.75	8.46
2° semana	8.34	8.24	8.65	8.41
3° semana	8.28	8.53	8.57	8.46
Dieta reformulada				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	8.74	7.76	8.82	8.44
2° semana	7.93	8.67	7.86	8.15
3° semana	8.59	8.34	7.87	8.27
Control negativo				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	8.00	8.62	9.16	8.59
2° semana	8.22	8.77	7.78	8.26
3° semana	9.22	7.84	9.46	8.84

Anexo 5: Repeticiones de Porcentaje de Yema

	Dieta control			
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	30.00	28.61	25.00	27.87
2° semana	34.85	25.00	34.85	31.57
3° semana	34.85	31.82	35.00	33.89
	Dieta on top			
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	34.72	35.00	26.11	31.94
2° semana	30.68	35.00	40.00	35.23
3° semana	31.82	36.36	29.17	32.45
	Dieta reformulada			
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	30.00	31.67	28.64	30.10
2° semana	31.67	27.27	30.30	29.75
3° semana	34.85	30.30	30.30	31.82
	Control negativo			
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	30.00	25.00	38.75	31.25
2° semana	33.18	31.67	34.85	33.23
3° semana	36.36	28.64	36.36	33.79

Anexo 6: Repeticiones de Porcentaje de Albúmina

Dieta control				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	61.09	62.25	66.67	63.34
2º semana	56.97	66.06	56.64	59.89
3º semana	55.67	59.29	56.8	57.25
Dieta on top				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	57.26	56.39	65.13	59.59
2º semana	60.98	56.76	51.35	56.36
3º semana	59.90	55.11	62.27	59.09
Dieta reformulada				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	61.26	60.57	62.55	61.46
2º semana	60.41	64.05	61.84	62.10
3º semana	56.56	61.36	61.83	59.92
Control negativo				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	62.01	66.38	52.09	60.16
2º semana	58.60	59.56	57.37	58.51
3º semana	54.42	63.52	54.18	57.37

Anexo 7: Repeticiones de Gravedad Específica

Dieta control				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	1.00	1.57	1.57	1.38
2º semana	1.29	1.71	1.57	1.52
3º semana	1.43	1.57	1.71	1.57
Dieta on top				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	1.43	1.57	1.43	1.48
2º semana	1.57	1.71	1.57	1.62
3º semana	1.43	1.86	1.71	1.67
Dieta reformulada				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	1.43	1.43	1.43	1.43
2º semana	1.71	1.57	1.43	1.57
3º semana	1.57	1.71	1.43	1.57
Control negativo				
	R1	R2	R3	Prom.
1º semana	1.29	1.43	1.29	1.33
2º semana	1.71	1.43	1.29	1.48
3º semana	1.57	1.71	1.57	1.62

Anexo 8: Repeticiones de Calidad Interna del Huevo

Dieta control				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	88.37	90.16	90.4	89.64
2° semana	85.73	85.78	87.44	86.32
3° semana	88.52	88.44	90.02	88.99
Dieta on top				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	89.61	91.97	94.87	92.15
2° semana	94.12	92.86	92.91	93.30
3° semana	90.40	89.72	88.16	89.42
Dieta reformulada				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	93.86	92.4	94.85	93.70
2° semana	93.87	95.83	96.08	95.26
3° semana	89.55	91.14	93.91	91.53
Control negativo				
	R1	R2	R3	Prom.
1° semana	91.89	93.33	93.28	92.83
2° semana	89.39	86.73	88.46	88.19
3° semana	87.37	86.21	85.80	86.46