

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN



**“ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA MEJORAR LA
ECONOMÍA DE LA ALIMENTACIÓN EN GALLINAS
PONEDORAS”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de

INGENIERO ZOOTECNISTA

JUAN CARLOS ESPINOZA DIEGO








LIMA – PERÚ

2023

Document Information

| | |
|---|--|
| Analyzed document 2022.docx (D158842474) | Trabajo de suficiencia profesional corregido |
| Submitted | 2/17/2023 12:27:00 AM |
| Submitted by | Victor Guevara |
| Submitter email | vguevara@lamolina.edu.pe |
| Similarity | 3% |
| Analysis address | vguevara.unalm@analysis.arkund.com |

Sources included in the report

| | | | |
|-----------|---|---|---|
| W | URL: http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2288 Fetched: 8/14/2022 2:06:43 AM | 1 |  |
| SA | Universidad Nacional Agraria La Molina / A Tesis Juan Gonzalo Retamozo.docx Document A Tesis Juan Gonzalo Retamozo.docx (D142557299) 2 Submitted by: mcumpa@lamolina.edu.pe Receiver: mcumpa.unalm@analysis.arkund.com | |  |
| SA | Edmundo Ruiz.docx Document Edmundo Ruiz.docx (D63174197) | |  |
| SA | 1 Merchan - Suplementacion con una multicarbohidrasa que contiene α-galactosidasa mejora el rendimiento de pollos de engorde.docx 1 Document Merchan - Suplementacion con una multicarbohidrasa que contiene α -galactosidasa mejora el rendimiento de pollos de engorde.docx (D125412271) | |  |
| SA | Universidad Nacional Agraria La Molina / TESIS - JORGE MEDRANO__FIN.docx Document TESIS - JORGE MEDRANO__FIN.docx (D143550030) 2 Submitted by: vguevara@lamolina.edu.pe Receiver: vguevara.unalm@analysis.arkund.com | |  |
| W | URL: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115341/memoria_Y5635709.pdf?sequence=1&isAllowed=y  2 Fetched: 12/1/2019 7:40:06 PM | | |
| SA | Álvarez - Suplementación con proteasas en pollos de engorde..docx | |  |

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA**

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN

**“ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA MEJORAR LA
ECONOMÍA DE LA ALIMENTACIÓN EN GALLINAS
PONEDORAS”**

Presentado por:

JUAN CARLOS ESPINOZA DIEGO

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Pedro Ciriaco Castaneda
Presidente

Mg.Sc. Gloria Palacios Pinto
Miembro

Mg.Sc. José Sarria Bardales
Miembro

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco
Asesor

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi madre por su amor y constante apoyo en mi formación profesional y como persona. A mis hermanos por los momentos que compartimos como familia. Y a cada persona que directa o indirectamente contribuye con mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

- Agradezco en primer lugar a Dios por permitir rodearme de personas que contribuyen en mi desarrollo profesional.
- Al Dr. Victor Guevara Carrasco por guiarme en la ejecución del trabajo de suficiencia profesional, y por ser un excelente mentor.
- Al Sr. Manuel Gonzalez Lescano por la confianza depositada en mi persona como profesional, y por el permiso para presentar los resultados de las evaluaciones realizadas en las instalaciones de la empresa Avícola Lescano.
- A mi madre y hermanos por las palabras de poyo en cada momento de mi vida.
- A todos mis amigos que ayudaron en la ejecución del trabajo de suficiencia profesional.

ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN

ABSTRACT

| | | |
|-------------|---|-----------|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| | 1.1. PROBLEMÁTICA | 1 |
| | 1.2. OBJETIVOS | 3 |
| | 1.2.1. Objetivo general | 3 |
| | 1.2.2. Objetivos específicos | 3 |
| II. | REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| | 2.1. NECESIDAD DE PROTEÍNA CRUDA EN GALLINAS PONEDORAS | 4 |
| | 2.2. RELACIÓN IDEAL DE AMINOÁCIDOS EN GALLINAS PONEDORAS | 5 |
| | 2.3. IMPORTANCIA DE LISINA EN GALLINAS PONEDORAS | 6 |
| | 2.4. DIETAS PRACTICAS CON ENZIMA EXÓGENA | 7 |
| | 2.5. ECONOMÍA DE LA ALIMENTACIÓN | 8 |
| III. | DESARROLLO DEL TRABAJO | 10 |
| | 3.1. PANORAMA DE LA EMPRESA “AVÍCOLA LESCANO” EN RELACIÓN AL COSTO DE LA MATERIA PRIMA Y ALIMENTO BALANCEADO | 10 |
| | 3.2. LUGAR Y DURACIÓN DE LAS EVALUACIONES | 12 |
| | 3.3. DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES EN EVALUACIÓN E INSTALACIONES | 13 |
| | 3.3.1. Evaluación experimental 1 | 13 |
| | 3.3.2. Evaluación experimental 2 | 13 |
| | 3.3.3. Evaluación en campo | 13 |
| | 3.4. TRATAMIENTOS Y DIETAS EXPERIMENTALES | 14 |
| | 3.4.1. Evaluación experimental 1 | 14 |
| | 3.4.2. Evaluación experimental 2 | 16 |
| | 3.4.3. Evaluación en campo | 17 |
| | 3.5. VARIABLES PRODUCTIVAS EN EVALUACIÓN | 17 |
| | 3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO | 19 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1. Efecto de los niveles de Lisina sobre el performance de gallinas ponedoras en pre pico de postura | 21 |
| 4.1.1. Resultados y discusiones del rendimiento de postura de la primera evaluación experimental | 21 |
| 4.1.2. Retribución económica de la primera evaluación experimental | 22 |
| 4.2. RESULTADO DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y RETRIBUCIÓN ECONÓMICA RELATIVA DE LA EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE LISINA EN GALPONES COMERCIALES (CAMPO) | 23 |
| 4.3. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROTEASA EXÓGENA SOBRE EL PERFORMANCE DE GALLINAS PONEDORAS | 25 |
| 4.3.1. Resultados y discusiones del rendimiento productivo en la segunda evaluación experimental | 25 |
| 4.3.2. Retribución económica de la evaluación experimental | 28 |
| V. CONCLUSIONES | 29 |
| VI. RECOMENDACIONES | 30 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |
| VIII. ANEXOS | 38 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|---|--------|
| Tabla 1: Costo por kilo en soles de ingredientes macro durante los meses del año 2022 | 12 |
| Tabla 2: Costo por fase de alimentación | 12 |
| Tabla 3: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas de los tratamientos con diferentes niveles de lisina, en el periodo de 20 a 27 semanas de edad | 15 |
| Tabla 4: Composición porcentual y contenido nutricional de los tratamientos con dos matrices nutricionales para dos enzimas de diferentes proveedores, en el periodo de 44 a 49 semanas | 18 |
| Tabla 5: Efecto del nivel de lisina en dietas experimentales sobre el performance de gallinas ponedoras | 22 |
| Tabla 6: Margen relativo de los niveles de Lisina | 23 |
| Tabla 7: Efecto del nivel de lisina en dietas comerciales sobre el performance de gallinas ponedoras | 23 |
| Tabla 8: Retribución económica relativa de dieta Prepico 0.90% Lis y Prepico 0.83% Lis en galpones comerciales de 23 a 27 semanas de edad | 25 |
| Tabla 9: Efecto de la suplementación con proteasa exógena en dietas experimentales sobre el performance de gallinas ponedoras de 44 a 48 semanas de edad | 28 |
| Tabla 10: Margen relativo de la suplementación con proteasa | 28 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1: Costo por kilo de alimento balanceado (S/.) | 10 |
| Figura 2: Costo por tonelada de maíz argentino (\$/ton.) durante los meses del año 2022 | 11 |
| Figura 3: Costo por tonelada de torta de soya (\$/ton.) durante los meses del año 2022 | 11 |
| Figura 4: Curva de producción de huevo con dieta Prepico 0.90% Lys | 24 |
| Figura 5: Curva de producción de huevo con dieta Prepico 0.83% Lys | 24 |

INDICE DE ANEXOS

| | Página |
|--|--------|
| ANEXO 1: PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL PARA AVES EN POSTURA – NRC, 1994 (COMO % DE LISINA) | 39 |
| ANEXO 2: REQUERIMIENTO DE AMINOÁCIDOS PARA PONEDORAS EN BASE AL PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL (COMO % DE ALIMENTO) | 39 |
| ANEXO 3: MATRIZ NUTRICIONAL DE PROTEASA ALLZYME VEGPRO A 100, 80 Y 70% | 39 |
| ANEXO 4: MATRIZ NUTRICIONAL DE PROTEASA RONOZYME PROACT A 100, 80 Y 70% | 40 |
| ANEXO 5: CÁLCULO DE RETRIBUCIÓN ECONÓMICA RELATIVA | 40 |

RESUMEN

El costo por kilo de alimento balanceado se ha incrementado durante el año 2022, representando ello una menor rentabilidad para las empresas avícolas, por este motivo, implementar estrategias nutricionales que reduzcan el costo de la dieta y mejoren la respuesta productiva permitirá ser eficientes y mejorar la economía de la alimentación. En tal sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes niveles de lisina al inicio de postura y la suplementación con proteasa exógena después del pico de postura en gallinas ponedoras sobre sus parámetros productivos. La evaluación fue llevada a cabo en las instalaciones de la empresa "Avícola Lescano". Aves de la genética Hisex de 21 a 27 semanas de edad fueron alimentadas con dietas isocalóricas con diferentes niveles de lisina (0.75, 0.79, 0.83 y 0.90 por ciento). Por otro lado, aves de 44 a 48 semanas de edad recibieron dietas suplementadas con dos proteasas comerciales al 70 y 80 por ciento de su valor de matriz de nutrientes. El nivel de lisina al 0.90 por ciento incrementó significativamente ($P < 0.05$) el peso del huevo en comparación a los otros niveles. La suplementación con el complejo enzimático con proteasa al 80 por ciento de su valor de matriz nutricional mejoró significativamente ($P < 0.05$) la producción, peso y masa de huevo, así como la conversión alimenticia. Para ambas estrategias, se observó una retribución económica superior en relación a la dieta control.

Palabras claves: Lisina digestible, proteína ideal, proteasa, respuesta productiva, retribución económica.

ABSTRACT

The cost per kilo of balanced feed has increased during the months of the year 2022, this represents a lower profitability for poultry companies. Therefore, implementing nutritional strategies that reduce the cost of the diet and improve the productive response will make it possible to be efficient and improve the economics of feeding. In this sense, the objective of the present work was to evaluate the effect of different levels of lysine at the beginning of lay and the supplementation with exogenous protease after the peak of lay on performance in laying hens. The evaluation was carried out in the facilities of the company "Avícola Lescano". Birds of the Hisex genetics from 21 to 27 weeks of age were fed isocaloric diets with different levels of digestible lysine (0.75, 0.79, 0.83 and 0.90 percent). On the other hand, birds 70 to 80 weeks of age received diets supplemented with two commercial proteases at 70 and 80 percent of their nutrient matrix value. The 0.90 percent lysine level significantly ($P<0.05$) increased egg weight compared to the other levels. Supplementation with the enzyme complex with protease at 80 percent of its nutritional matrix value significantly ($P<0.05$) improved egg production, weight and mass, and feed conversion ratio. For both strategies, a higher economic gain was observed in relation to the control diet.

Keywords: Digestible lysine, ideal protein, exogenous protease, productive response, economic retribution.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA

En la explotación de gallinas ponedoras el costo de la dieta se ha incrementado en un 16.5 por ciento desde enero a julio del año 2022 afectando la rentabilidad de las empresas avícolas. La proteína y energía, representan la mayor parte del costo de la dieta en aves. Mejorar la utilización de nutrientes principalmente aminoácidos permitirá mejorar la economía de alimentación (Mejía, 2022).

Las dietas de aves están compuestas principalmente por maíz y soya. Debido a que el costo de estos ingredientes se ha incrementado notablemente en los últimos años, existe interés en la alimentación con dietas de maíz y soya con proteína reducida que contengan aminoácidos suplementarios (Baker, 2009).

Al suministrar a las gallinas ponedoras dietas más bajas en proteína, pero manteniendo los niveles de aminoácidos esenciales se contribuirá a la optimización de la dieta al reducir el nitrógeno ingerido y excretado (Meluzzi *et al.* 2001). Así mismo, una mayor disponibilidad de aminoácidos sintéticos a un precio razonable, permite adoptar formulaciones de dietas con concentraciones precisas de aminoácidos y niveles mínimos de proteína para reducir el costo y excreción de nitrógeno (Ayaşan y Okan, 2010 citado por Savaram *et al.* 2021).

El concepto de proteína ideal utiliza la lisina como aminoácido de referencia, para establecer los requerimientos de todos los demás aminoácidos esenciales a fin de facilitar la formulación al mínimo costo (Emmert y Baker, 1997). La utilización de proteína ideal permite usar aminoácidos sintéticos como valina e isoleucina y reducir el uso de harina de soya y el nivel de proteína cruda de la dieta (Selle *et al.* 2020).

Durante las últimas décadas, la productividad de las gallinas ponedoras ha mejorado significativamente, con un mayor número de huevos y eficiencia alimenticia para utilizar los

nutrientes del alimento. Este incremento de productividad implica un cambio en los requerimientos y en consecuencia, las gallinas se vuelven más exigentes en nutrientes, principalmente aminoácidos (Elliot, 2008).

El incremento de lisina en la dieta ha mostrado mejoras en la producción de huevos, peso de huevo y conversión del alimento en gallinas ponedoras (Akbari *et al.* 2016a). El aumento de la ingesta de lisina incrementa el porcentaje de albúmina seca y húmeda mientras el porcentaje de yema seca disminuye (Novak *et al.* 2004). Una estrategia nutricional que permita mejorar la rentabilidad de la explotación es emplear una dieta con un elevado nivel de lisina en la fase de pre pico de postura, ya que puede afectar la deposición de proteína corporal y permitir mejorar la producción de huevo (Filho *et al.* 2006).

Los cambios en el nivel de energía, nutrientes o ingredientes modifican el rendimiento del ave y el costo del alimento no es apropiado para evaluar la economía de la alimentación avícola. El costo del alimento es solo una parte de la ecuación. Por lo tanto, el ingreso sobre el costo o margen de alimentación es el mejor método para determinar el valor económico de un programa nutricional (Guevara, 2020).

Otra estrategia para minimizar el alto costo del alimento en la producción de aves, es la suplementación de proteasa exógena, la cual incrementa la digestibilidad de la proteína y puede optimizar el uso de aminoácidos presentes en la dieta, especialmente cuando los ingredientes son de baja calidad y biodisponibilidad. Esto permite una formulación de la dieta con bajo nivel de proteína, sin comprometer la performance del ave y promueve una alta sustentabilidad en la producción avícola (Kocher *et al.* 2002; Leinonem y Williams, 2015).

Estas estrategias de reducción de proteína cruda en la dieta, con la suplementación de proteasa exógena y aminoácidos sintéticos puede ser un activo valioso debido a la naturaleza competitiva del negocio de producción avícola (Vieira *et al.* 2016)

El análisis económico para la toma de decisiones sobre el nivel óptimo de energía o nutrientes se debe realizar considerando la respuesta curvilínea de las aves por los rendimientos decrecientes (Guevara, 2020).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

El objetivo es evaluar estrategias nutricionales como diferentes niveles de lisina usando el concepto de proteína ideal al inicio de postura y suplementación con proteasa exógena después del pico de postura, que permitan reducir el costo de alimentación y mejorar la economía de la alimentación de gallinas ponedoras, generando retribución económica en la producción de huevos comerciales.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del incremento del nivel de Lisina en dietas pre - pico de 21 a 27 semanas de edad sobre los parámetros productivos.
- Determinar el efecto de la suplementación con proteasas exógenas en dietas postura 2 de 44 a 48 semanas de edad sobre los parámetros productivos.
- Determinar la retribución económica (S/. Kg) para las etapas en evaluación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. NECESIDAD DE PROTEÍNA CRUDA EN GALLINAS PONEDORAS

Los aminoácidos son requeridos por las aves y no la proteína cruda. Sólo considerar el requerimiento de unos pocos aminoácidos puede ignorar el hecho de que las aves también requieren algunas cantidades definidas de aminoácidos no esenciales. El requerimiento relativo de aminoácidos se expresa en relación a lisina, esto para mantener la proporción adecuada entre ellos. Sin embargo, el nivel de proteína es un factor limitante en el peso corporal, peso de huevo, producción diaria de huevo y alimento por kilo de huevo (Shim *et al*, 2013).

Una gran reducción en la proteína cruda de la dieta que no fueron completamente corregidos con la suplementación de aminoácidos de acuerdo al concepto de proteína ideal, reduce la performance del ave. En ese sentido, la reducción de proteína cruda de la dieta requiere conocimiento preciso de aminoácidos esenciales mínimos para el mantenimiento y producción que satisfagan las necesidades del ave (Kerr and Kidd 1999).

En gallinas en pico de producción, de 28 semanas de edad, alimentadas con dieta de 14 por ciento de proteína cruda conteniendo aminoácidos sintéticos como metionina, lisina, treonina, triptófano, valina e isoleucina puede ayudar a reducir la proteína cruda y costo del alimento; para ellos, es necesario tener información confiable sobre la respuesta del ave durante este periodo de producción, así como calidad de huevo, función del sistema inmunológico y actividad de enzimas antioxidantes (Dong *et al*, 2016).

En gallinas Hyline Brown de 33 a 40 semanas, en dieta con nivel bajo de proteína cruda 14 por ciento y deficiente en arginina 0.80% resulta en un aumento del daño oxidativo y deterioro de la mucosa intestinal (Sun *et al*, 2022).

En ciertas condiciones ambientales, como temperaturas ambientales altas de 32 a 39°C. Dietas con bajos niveles de proteína cruda y altos niveles de energía metabolizable mejoran la performance del ave en general (Zaman *et al*, 2008). Esto, porque el metabolismo de la proteína cruda es asociado con mayor incremento de calor que el metabolismo de carbohidratos y lípidos (Lin Law *et al*, 2019).

2.2. RELACIÓN IDEAL DE AMINOÁCIDOS EN GALLINAS PONEDORAS

Se han usado varios métodos de evaluación para llegar a recomendaciones de aminoácidos en gallinas ponedoras. Sin embargo, las recomendaciones de aminoácidos para gallinas ponedoras no son consistentes, esto por las diferencias genéticas entre líneas y el método por el cual se evaluaron los requerimientos de aminoácidos. Por lo general, las recomendaciones de aminoácidos de líneas específicas se adoptan en la práctica como requerimiento dietético para gallinas ponedoras (Macelline *et al*, 2021).

Debido a que múltiples factores afectan los requerimientos de aminoácidos, los determinados en condiciones experimentales pueden no ser aplicables en condiciones de campo, por ello, las estimaciones de requerimientos de aminoácidos deben basarse en el perfil ideal de aminoácidos esenciales (Baker y Han, 1994). El perfil ideal de aminoácidos emplea el concepto que, mientras los requerimientos absolutos de aminoácidos cambian; debido al, potencial genético de crecimiento magro por altos o bajos niveles de energía y proteína, ambientales como el estrés por calor o frío, hacinamiento y enfermedades que probablemente afectaría el consumo voluntario, las proporciones entre ellos solo se ven ligeramente afectados. Por lo tanto, una vez determinado el perfil ideal de aminoácidos el requerimiento de lisina se puede determinar experimentalmente para una situación de campo determinada y los requerimientos de los demás aminoácidos se calculan a partir de las proporciones ideales (Baker, 2003).

Se puede establecer que, aunque hay diferentes métodos para determinar la proteína ideal, el enfoque factorial y estudios de dosis respuesta, tienen resultados disponibles bastantes similares (Koch y Lemme 2003). El modelo de línea quebrada parece ser el más adecuado para derivar la proporción dietética ideal de aminoácidos en relación con lisina. Sin embargo, el modelo exponencial es claramente superior al fijar la concentración de lisina en la dieta de acuerdo con las condiciones de producción predominante (Mack *et al*, 1999). Una

estimación legítima de la relación ideal de aminoácidos comprende la misma dieta, mismo sexo, misma línea genética y el mismo periodo de evaluación en todas las evaluaciones de requerimientos de aminoácidos para asegurar una medición válida del perfil ideal de aminoácidos (Baker, 2003).

La relación ideal de aminoácidos debería ser basada en aminoácidos digestibles. Esto es especialmente importante cuando los ingredientes del alimento son diferentes a la harina de maíz y soya en la formulación de la dieta, porque estos ingredientes no tradicionales tienen diferente digestibilidad de aminoácidos (Koch y Lemme 2003; Mack *et al*, 1999). En este sentido, Bregendahl *et al*, (2008) evaluó en gallinas ponedoras inclusiones dietéticas graduadas de aminoácidos esenciales como arginina, isoleucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina, para determinar la proporción ideal de aminoácidos en relación a lisina. Siendo la relación ideal de aminoácidos para una máxima masa de huevo la siguiente: isoleucina, 79%; metionina, 47%; metionina+cistina, 94%; treonina, 77%; triptófano, 22%; y valina, 93% sobre una base digestible verdadera en relación con lisina.

La adopción comercial de aminoácidos sintéticos DL-metionina, L-lisina, L-treonina, L-valina y L-isoleucina permite formular dietas más cerca a los requerimientos del ave al reducir los excesos de aminoácidos, llevando a una reducción en la excreción de nitrógeno del ave al reducir la proteína cruda (Kidd *et al*, 2013).

2.3. IMPORTANCIA DE LISINA EN GALLINAS PONEDORAS

El primer aminoácido limitante en aves es la metionina y viene siendo suplementada en la dieta desde 1950 (Kidd *et al*, 2013). La lisina es el segundo aminoácido limitante en dietas prácticas de aves. El concepto de proteína ideal es ampliamente aplicable en formulaciones de dietas al mínimo costo, se usa la lisina como aminoácido de referencia con los requerimientos de los demás aminoácidos esenciales expresados como porcentaje de lisina. Esto, porque la lisina de la dieta se usa solo para la acumulación y el mantenimiento de proteína corporal y la suplementación es económicamente factible (Baker y Han, 1994).

Un nivel elevado de lisina de la dieta mejora la morfología intestinal del ave y puede afectar positivamente las dimensiones de las vellosidades y criptas (Vaezi *et al*, 2011). El nivel de lisina tiene algún grado de influencia en la función inmune del ave. Los sistema inmune

humoral y celular mostraron una reducción en la respuesta de anticuerpos a la vacunación con Newcastle en aves alimentadas con una dieta deficiente en lisina cuando se midió la respuesta por Elisa e hipersensibilidad cutánea a los basófilos respectivamente (Chen *et al*, 2003).

Diferentes niveles de lisina digestible de 0.600, 0.675, 0.750, 0.825 y 0.900 % no tuvieron efecto sobre las unidades Haugh, porcentaje de yema y albumen, y la calidad de la cascara (Jardim Filho *et al*, 2010 y Santos *et al*, 2014). La concentración de lisina de la dieta no tiene impacto en el porcentaje de componentes de huevo, gravedad específica, espesor de la cascara y proteínas constituyentes del huevo. Sin embargo, el incremento del consumo de lisina mejora la producción de huevo, peso de huevo, masa de huevo, unidades Haugh y conversión alimenticia (Kakhki *et al*, 2016). Existe una correlación positiva entre el nivel de lisina de la dieta y el consumo de alimento en gallinas, ya que parece que una dieta con más de 8.0 g/kg de lisina no impacta negativamente en el consumo de alimento (Macelline *et al*, 2021).

La masa de huevo y la conversión alimenticia se consideran los parámetros más indicados para la producción de huevo. Sobre esta base, las medias simples de la ingesta diaria de lisina total y digestible son 717 y 730 mg/ave/día respectivamente (Macelline *et al*, 2021). Sin embargo, Kakhki *et al*, (2016) dio una mayor recomendación para la ingesta diaria de lisina digestible para gallinas de 32 a 44 semanas de edad, con un requerimiento estimado para masa de huevo de 778 mg/ave/día y 843 mg/ave/día mediante el modelo de línea quebrada lineal y cuadrática respectivamente. La variación en el requerimiento de aminoácidos se puede deber a los diferentes niveles de proteína cruda evaluados en diferentes estudios (Savaram *et al*, 2021).

2.4. DIETAS PRACTICAS CON ENZIMA EXÓGENA

La principal fuente de proteína utilizada en la dieta de ponedoras es la harina de soya, sin embargo, se considera un ingrediente caro por el costo final de la dieta. Además, en el íleon y las excretas de las aves se pueden encontrar cantidades variables de proteína cruda y aminoácidos por una incompleta digestión y absorción, por una producción insuficiente de determinadas enzimas. También, la presencia de factores anti nutricionales en los ingredientes indisponibilizan la utilización de nutrientes por el ave (Parsons *et al*, 1997).

Además, en su composición la harina de soya posee una porción de carbohidratos constituidos por oligosacáridos como rafinosa, estaquiosa y por polisacáridos no amiláceos solubles e insolubles que aumentan la viscosidad de la digestión (Nguyen *et al*, 2021).

La suplementación con proteasa es una estrategia para reducir los niveles de proteína cruda y aminoácidos en la dieta generando ahorro en el costo de la dieta y reduciendo la excreción de nitrógeno al medio ambiente (Lahaye *et al*, 2022).

La suplementación con proteasa exógena en dietas bajas en nutrientes proporciona tasas de producción de huevo y conversión alimenticia similares a las obtenidas en gallinas de postura alimentadas con niveles nutricionales recomendados para la línea genética. Sin embargo, la suplementación con proteasa no mostró efecto sobre la calidad de la cascara (Vieira Filho *et al*, 2015). La proteasa exógena influye significativamente en la utilización de nutrientes en gallinas ponedoras en pico de producción, su inclusión recupera la performance del ave luego de un desbalance de aminoácidos causado por una dieta reducida en lisina, metionina + cistina, y triptófano. Por otro lado, la proteasa no afecta el peso relativo de los órganos digestivos ni la morfometría del intestino delgado (Barbosa *et al*, 2020).

La suplementación con alfa galactosidasa mejora el performance y la digestibilidad ileal de aminoácidos en aves alimentadas con dietas bajas en energía y muestran la misma performance que los alimentados con una dieta energética normal, de este modo se mejora el valor económico de la dieta. La suplementación con alfa galactosidasa no mejora la respuesta inmune de las aves, pero mejora la morfología e histología intestinal (Amer *et al*, 2020).

2.5. ECONOMÍA DE LA ALIMENTACIÓN

El máximo rendimiento productivo no siempre se traduce en una máxima ganancias económicas. El requerimiento de aminoácidos diario para una máxima performance se puede usar para determinar niveles de proteína dietaría balanceada que maximicen las ganancias en función del costo de proteína (Shim *et al*, 2013).

La contribución de la proteína en el costo de la alimentación en aves representa cerca del 40 por ciento de los costos totales de la ración (Gomides *et al*, 2021). En gallinas ponedoras, la

inclusión de otros aminoácidos sintéticos aparte de metionina puede ayudar a reducir la proteína de la dieta, así como reducir el costo del alimento. Aminoácidos de cadena ramificada como isoleucina, valina y leucina ofrecen una nueva oportunidad para formular dietas más eficientes a través de la optimización del perfil de proteína ideal. (Dong *et al*, 2016).

Una apropiada reducción de proteína cruda y energía metabolizable en dietas suplementadas con proteasa, no solo puede mejorar la performance del ave bajo ciertas condiciones y asegurar la máxima utilización de nutrientes, sino también reducir el costo de alimentación (Lin Law *et al*, 2019).

Desde un punto de vista nutricional, la suplementación con alfa galactosidasa puede disminuir el costo de la dieta del ave y mejorar la eficiencia de la alimentación, porque la liberación de proteína y aminoácidos puede tener un efecto de ahorro sobre los niveles de proteína y aminoácidos sintéticos suplementados (Amer *et al*, 2020 y Wang *et al*, 2005).

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. PANORAMA DE LA EMPRESA “AVÍCOLA LESCOANO” EN RELACIÓN AL COSTO DE LA MATERIA PRIMA Y ALIMENTO BALANCEADO

Los precios de materias primas se vienen incrementando considerablemente durante los meses del año 2022. Los ingredientes macro como el maíz grano y torta de soya representan el 50% y 22% del costo de la dieta respectivamente. Estos tienen un impacto directo en el costo del alimento balanceado (Figuras 1, 2, 3 y Tabla 1, 2).

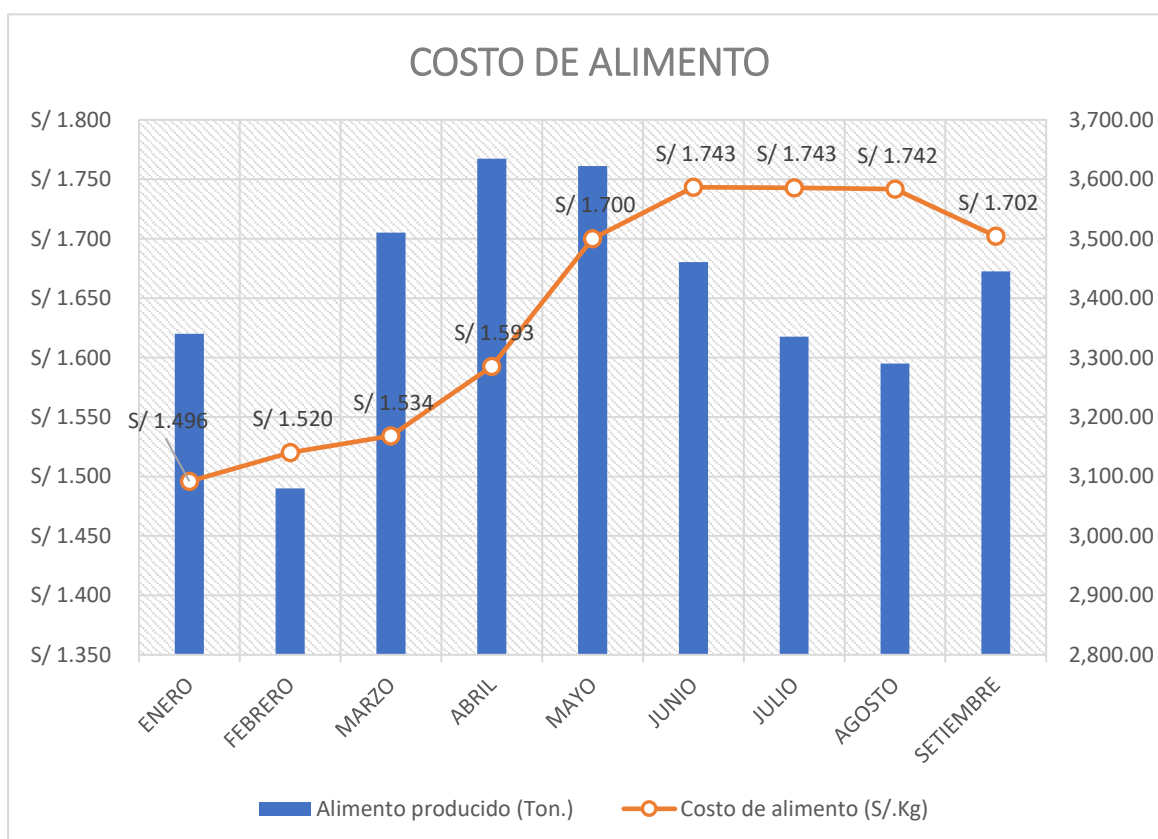


Figura 1: Costo por kilo de alimento balanceado (S/.)

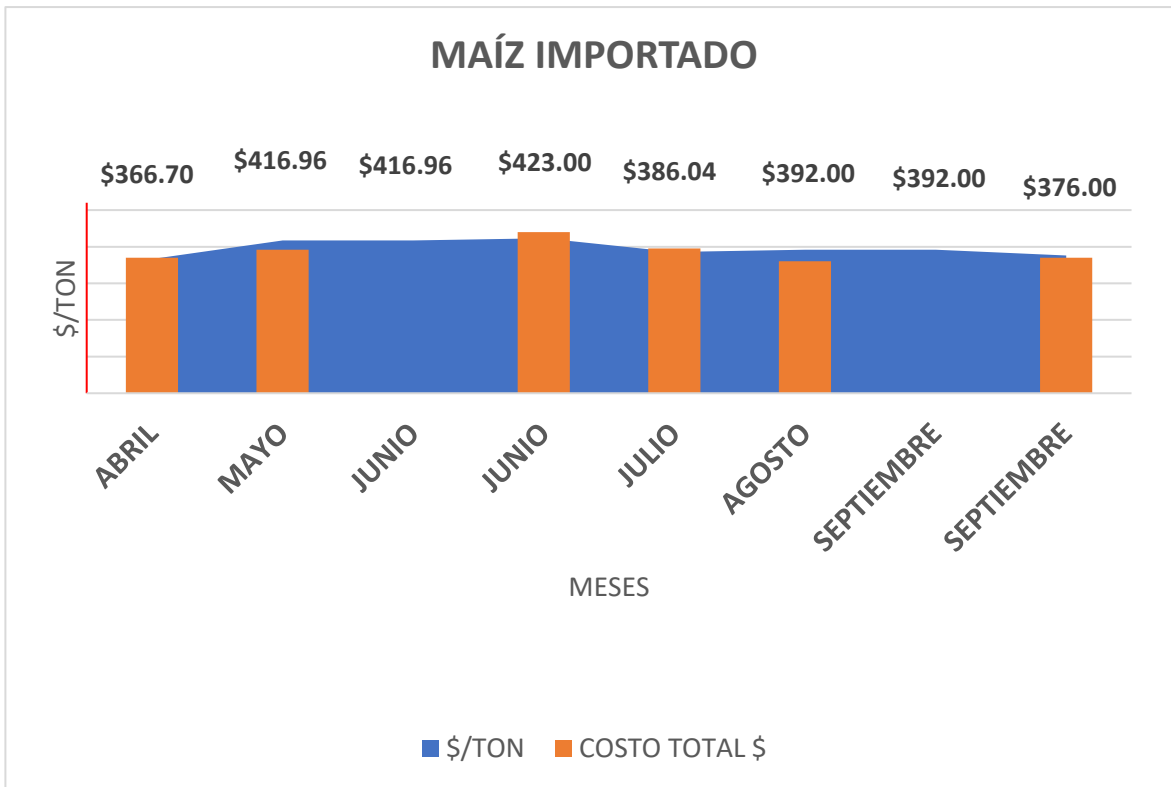


Figura 2: Costo por tonelada de maíz argentino (\$/ton.) durante los meses del año 2022

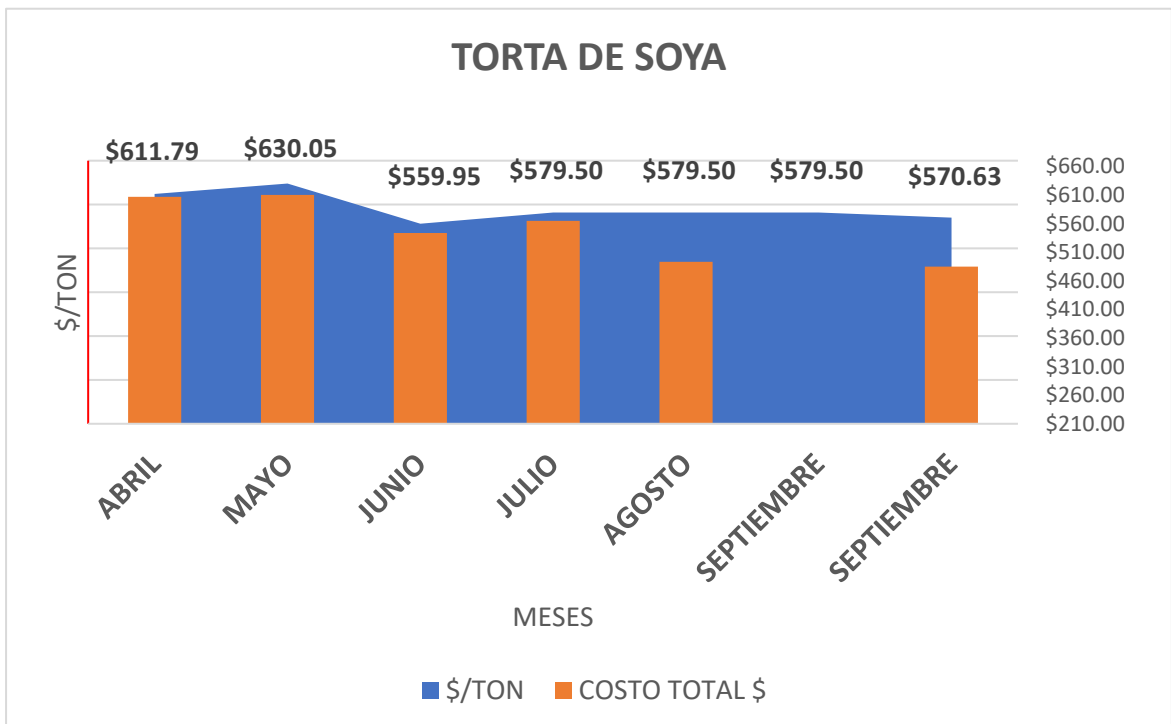


Figura 3: Costo por tonelada de torta de soya (\$/ton.) durante los meses del año 2022

Tabla 1: Costo por kilo en soles de ingredientes macro durante los meses del año 2022

| Ingredientes | MAYO | | JUNIO | | JULIO | | AGOSTO | | SEPTIEMBRE | |
|-----------------------------|------|------|-------|------|-------|------|--------|------|------------|------|
| Maíz Importado Argentino | S/ | 1.43 | S/ | 1.57 | S/ | 1.50 | S/ | 1.52 | S/ | 1.50 |
| T. de Soya par 46% dig | S/ | 2.39 | S/ | 2.15 | S/ | 2.25 | S/ | 2.25 | S/ | 2.24 |
| Calcio grueso | S/ | 0.17 | S/ | 0.17 | S/ | 0.17 | S/ | 0.16 | S/ | 0.16 |
| Maíz Costa dig | S/ | 1.43 | | 0.0 | | 0.0 | S/ | 1.54 | S/ | 1.49 |
| Polvillo de Arroz dig | S/ | 1.14 | S/ | 1.20 | S/ | 1.20 | S/ | 1.19 | S/ | 1.13 |
| Soja Integral Extrusada dig | S/ | 3.11 | S/ | 3.03 | S/ | 3.08 | S/ | 3.09 | S/ | 3.12 |
| Afrecho de Trigo | S/ | 0.83 | S/ | 0.94 | S/ | 1.06 | S/ | 1.06 | S/ | 1.00 |
| PHOSBIC 21.5% (MDCP) | S/ | 4.45 | S/ | 4.49 | S/ | 4.81 | S/ | 4.95 | S/ | 4.98 |
| Proteika 60% | S/ | 2.17 | S/ | 2.17 | S/ | 2.17 | S/ | 2.17 | S/ | 2.17 |
| Aceite Palma | S/ | 5.18 | S/ | 5.10 | S/ | 5.28 | S/ | 5.42 | S/ | 5.43 |

Tabla 2: Costo por fase de alimentación

| MES | Promedio de COSTO (S/.) | | | | |
|--|-------------------------|-------|-------|--------|-----------|
| | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre |
| POSTURA | | | | | |
| Postura F-1-110 gr promedio 2022 | 1.84 | 1.86 | 1.86 | 1.88 | 1.82 |
| Postura F-2-115 gr promedio 2022 | 1.69 | 1.71 | 1.71 | 1.71 | 1.67 |
| Postura F-3-115 gr promedio 2022 | 1.62 | 1.65 | 1.65 | 1.66 | 1.64 |
| Postura Pre Pico -100 gr promedio 2022 | 1.88 | 1.89 | 1.88 | 1.91 | 1.90 |

3.2. LUGAR Y DURACIÓN DE LAS EVALUACIONES

El desarrollo de las evaluaciones y ejecución de las estrategias nutricionales para reducir el costo de la alimentación en gallinas ponedoras se dio en la empresa “Productos Avícola Chicama” cuyo nombre comercial es “Avícola Lescano”. Localizada en el distrito de Chicama, departamento de La Libertad, dedicada a la crianza de gallinas ponedoras y comercialización de huevos pardos. Con una población de 1.2 millones de aves. Se realizaron dos evaluaciones en un galpón experimental y una evaluación en galpones comerciales; donde, la primera evaluación a nivel experimental fue de siete semanas, desde febrero a marzo del 2022. La segunda evaluación experimental fue de cinco semanas, desde junio a julio del 2022. La evaluación en campo fue de seis semanas, desde mayo a junio del 2022.

3.3. DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES EN EVALUACIÓN E INSTALACIONES

3.3.1. Evaluación experimental 1

Se evaluó el efecto de cuatro niveles de lisina en 672 aves de la línea Hisex de 21 a 27 semanas de edad, alimentadas con una dieta Prepico. Las aves fueron uniformizadas por peso en cuatro tratamientos con ocho repeticiones y 21 gallinas por repetición, con un total de 32 unidades experimentales. Las gallinas se alojaron en jaulas metálicas de dos niveles, cada unidad experimental estaba conformado por tres jaulas con siete aves cada una. La temperatura ambiente fue de 24°C.

3.3.2. Evaluación experimental 2

Se evaluó el efecto de la suplementación con dos fuentes de enzimas exógenas (un complejo enzimático con proteasa y una proteasa) en 980 gallinas de la línea Hisex de 44 a 48 semanas de edad, alimentadas con una dieta Postura 2 a base de macro ingredientes como maíz, soya, polvillo de arroz y afrecho. Las aves fueron uniformizadas por peso en cinco tratamientos con siete repeticiones y 28 aves por repetición, con un total de 35 unidades experimentales. Las gallinas se alojaron en jaulas metálicas de dos niveles, donde cada unidad experimental estaba conformada por cuatro jaulas con siete aves cada una. La temperatura ambiente fue de 20°C.

3.3.3. Evaluación en campo

Se evaluó el performance en ocho galpones comerciales de 20,000 mil gallinas ponedoras de la línea Hisex de 22 a 27 semanas de edad. A los galpones 16, 52, 53 y 54 se les ofreció una dieta Prepico con 0.90% de lisina y los galpones 12, 36, 37 y 47 se les ofreció una dieta Prepico con 0.83% de lisina. Las gallinas se encontraban alojadas en galpones tradicionales conformados por tres módulos de jaulas metálicas a dos niveles. La temperatura ambiente fue de 20°C.

3.4. TRATAMIENTOS Y DIETAS EXPERIMENTALES

3.4.1. Evaluación experimental 1

Los tratamientos dietéticos incluyen cuatro niveles de lisina digestible:

Tratamiento 1 (T1): Perfil de proteína ideal con 0.75 por ciento de lisina.

Tratamiento 2 (T2): Perfil de proteína ideal con 0.79 por ciento de lisina.

Tratamiento 3 (T3): Perfil de proteína ideal con 0.83 por ciento de lisina.

Tratamiento 4 (T4): Perfil de proteína ideal con 0.90 por ciento de lisina

Las dietas experimentales se formularon tomando diferentes niveles de lisina como aminoácido de referencia para calcular el requerimiento de aminoácidos esenciales (proteína balanceada). Se emplearon las recomendaciones de proteína ideal para la línea Hisex. Todas las dietas fueron formuladas a base de aminoácidos usando insumos convencionales (maíz y soya) para lograr un aporte de 2800 kcal/kg. Se utilizó el programa de formulación Allix³ para alcanzar o exceder el nivel mínimo de aminoácidos digestibles sugeridos por el perfil de proteína ideal. La presentación del alimento fue en harina.

Dado que, en la guía nutricional de la línea Hisex no se observa requerimientos para aves en pre pico de postura se tomó el nivel de lisina de 0.83% recomendada por la línea Hyline como referencia para un consumo promedio de 100gr/ave/día durante este periodo. Se comparó con dos niveles de lisina inferiores a la recomendación en un 5 por ciento con 0.79% Lis y 0.75% Lis, y un nivel superior con 0.90% Lis para descartar deficiencias.

La proteína ideal para gallinas ponedoras se muestra en el Anexo 1, y el requerimiento de aminoácidos para ponedoras en base al perfil de proteína ideal de los tratamientos se muestra en el Anexo 2.

La composición porcentual y valor nutricional de las dietas se muestra en el Tabla 3.

Tabla 3: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas de los tratamientos con diferentes niveles de lisina, en el periodo de 20 a 27 semanas de edad

| Ingredientes | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) | T4 (%) |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Maíz Importado Argentino | 56.459 | 57.006 | 57.61 | 56.1 |
| T. de Soya par 46% dig | 18.369 | 20.114 | 21.9 | 22.915 |
| Calcio grueso | 9.739 | 9.705 | 9.671 | 9.661 |
| Soja Integral Extrusada dig | 7.01 | 7.079 | 7.143 | 7.356 |
| PHOSBIC 21.5% (MDCP) | 5.159 | 2.753 | 1.322 | 1.321 |
| Aceite Palma | 1.26 | 1.29 | 0.5 | 0.765 |
| DL Metionina 99% | 0.5 | 0.5 | 0.333 | 0.327 |
| Sal | 0.336 | 0.334 | 0.3 | 0.311 |
| Núcleo Premex Postura 1 | 0.3 | 0.3 | 0.276 | 0.3 |
| Cap.Excential Toxin A | 0.25 | 0.25 | 0.255 | 0.25 |
| Bicarbonato Food Grade | 0.224 | 0.25 | 0.25 | 0.157 |
| L VALINA | 0.121 | 0.124 | 0.126 | 0.097 |
| L-Lisina 99% | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.093 |
| Treonina 98.5% | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.08 |
| Digest Fast | 0.03 | 0.03 | 0.039 | 0.075 |
| Promotor nutri Q | 0.025 | 0.03 | 0.035 | 0.05 |
| L-Isoleucina | 0.025 | 0.028 | 0.03 | 0.05 |
| Butirato de Na 90% | 0.016 | 0.025 | 0.025 | 0.03 |
| Liv-52 hepato protector | 0.015 | 0.02 | 0.024 | 0.025 |
| BIOCHOLINA-DS | 0.015 | 0.015 | 0.015 | 0.015 |
| HALQUINOL 50% | 0.012 | 0.012 | 0.012 | 0.012 |
| LARVAMUNE 10% | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Análisis calculado | | | | |
| Energía Met. Gallinas Kcal/kg | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 |
| Proteína Bruta (PB) % | 15.772 | 16.375 | 16.985 | 17.59 |
| Lisina dig. Ver. Aves % | 0.75 | 0.79 | 0.83 | 0.9 |
| Metionina dig. Ver. Aves % | 0.458 | 0.491 | 0.524 | 0.579 |
| Met + Cis dig. Ver. Aves % | 0.68 | 0.72 | 0.76 | 0.819 |
| Arginina dig. Ver. Aves % | 0.979 | 1.018 | 1.057 | 1.086 |
| Triptófano dig. Ver. Aves % | 0.176 | 0.185 | 0.194 | 0.2 |
| Isoleucina dig. Ver. Aves % | 0.62 | 0.65 | 0.681 | 0.746 |
| Treonina dig. Ver. Aves % | 0.56 | 0.585 | 0.615 | 0.673 |
| Valina dig. Ver. Aves % | 0.69 | 0.73 | 0.764 | 0.837 |
| Calcio % | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.1 |
| Fósforo Disponible % | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| Sodio % | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 |
| Linoleico (C18:2) % | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 |
| Balance electrolítico mEq/kg | 199.1 | 200.9 | 202.5 | 206.4 |

3.4.2. Evaluación experimental 2

Los tratamientos se formularon incluyendo un complejo enzimático con proteasa y una fuente de proteasa exógenas, que se comparó con una dieta basal sin suplementar. Dado que, las dietas empleaban ingredientes no convencionales (afrecho de trigo y polvillo de arroz) se asumió un aporte de energía, proteína y aminoácidos de la matriz nutricional de 70 y 80 por ciento.

Las enzimas utilizadas en los tratamientos para las dietas de gallinas de postura fueron: Allzyme Vegpro, que es un complejo enzimático compuesto principalmente por proteasa y celulasa y en cantidades menores α galactosidasa, xilanasas y amilasa. Proteasa en cantidad mínima de 7.4 millones de HUT (cantidad de enzima, que produce un hidrolizado en una solución con 1.10 μ g/ml de tirosina en 0.06 N de HCL). Se asumió el aporte de energía, proteína y aminoácidos de la matriz nutricional en un 70 y 80 por ciento de aporte de nutrientes.

Ronozyme Proact, que es una proteasa exógena. Se asumió el aporte de energía, proteína y aminoácidos de la matriz nutricional en un 70 y 80 por ciento de aporte de nutrientes.

Los tratamientos dietéticos de la evaluación experimental fueron:

Tratamiento 1 (T1): Dieta basal (DB)

Tratamiento 2 (T2): DB + 80% de la matriz nutricional de Allzyme Vegpro

Tratamiento 3 (T3): DB + 70% de la matriz nutricional de Allzyme Vegpro

Tratamiento 4 (T4): DB + 80% de la matriz nutricional de Ronozyme Proact

Tratamiento 5 (T5): DB + 70% de la matriz nutricional de Ronozyme Proact

Las dietas experimentales se formularon en base a los requerimientos nutricionales de la línea Hisex de acuerdo con la edad y fase de producción, para un consumo de alimento de 115g ave día. Se utilizó el programa de formulación Allix³ donde las dietas fueron

isocalóricas con un nivel de 2740 kcal/kg de alimento. La presentación de la dieta fue en harina.

La matriz nutricional de ingredientes a un 70 y 80 por ciento de inclusión a una dosis de 500 g/ton de Allzyme Vegpro se muestran en el Anexo 3 y a una dosis de 30 g/ton de Ronozyme Proact se muestra en el Anexo 4.

La composición porcentual y valor nutricional de las dietas se muestra en la Tabla 4.

3.4.3. Evaluación en campo

Se evaluaron dos niveles de lisina en lotes de aves alojadas en galpones comerciales. La primera dieta con un nivel de lisina de 0.83% recomendada por la guía nutricional como referencia para un consumo promedio de 100gr/ave/día y la segunda dieta con el nivel de lisina de 0.90%, que mostró el mejor rendimiento productivo y económico en la primera evaluación experimental.

3.5. VARIABLES PRODUCTIVAS EN EVALUACIÓN

– Porcentaje de postura

La postura se recogió y contabilizó diariamente respetando los tratamientos y repeticiones, para determinar el porcentaje de postura de cada unidad experimental.

$$\% \text{ de Postura} = (\text{°N de huevos colectados} / \text{Total de gallinas en postura}) * 100$$

– Peso promedio de huevos

El peso promedio de huevo se obtuvo dividiendo el peso total de los huevos entre el total de huevos puestos para cada unidad experimental.

$$\text{Peso promedio de huevo (g)} = \text{Masa de huevo (g)} / \text{N}^{\circ} \text{ de huevos producidos.}$$

Tabla 4: Composición porcentual y contenido nutricional de los tratamientos con dos matrices nutricionales para dos enzimas de diferentes proveedores, en el periodo de 44 a 49 semanas

| Ingredientes | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) | T4 (%) | T5 (%) |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Maíz Importado Argentino | 57.249 | 54.435 | 54.667 | 55.543 | 55.625 |
| T. de Soya par 46% dig | 17.891 | 15.191 | 15.528 | 16.776 | 16.934 |
| Calcio grueso | 9.79 | 9.858 | 9.85 | 9.824 | 9.821 |
| Polvillo de Arroz dig | 7.428 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 |
| Soja Integral Extrusada | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Afrecho de Trigo | 0 | 3.391 | 2.823 | 0.799 | 0.764 |
| PHOSBIC 21.5% (MDCP) | 0.803 | 0.724 | 0.732 | 0.761 | 0.556 |
| Aceite Palma | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Sal | 0.28 | 0.273 | 0.275 | 0.282 | 0.283 |
| Cap. Toxides | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Núcleo Premex Postura | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| DL Metionina 99% | 0.217 | 0.215 | 0.215 | 0.203 | 0.204 |
| Bicarbonato Food Grade | 0.126 | 0.133 | 0.133 | 0.122 | 0.122 |
| Promotor nutri Q | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Allzyme Vegpro | | 0.05 | 0.05 | | |
| Butirato de Na 90% | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| L-Lisina 99% | 0.028 | 0.047 | 0.044 | 0.02 | 0.02 |
| Treonina 98.5% | 0.02 | 0.022 | 0.022 | 0.009 | 0.01 |
| BIOCHOLINA-DS | 0.018 | 0.018 | 0.018 | 0.018 | 0.018 |
| L VALINA | 0.01 | 0.004 | 0.004 | 0 | 0.001 |
| LARVAMUNE 10% | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Ronozyme Proact | | | | 0.003 | 0.003 |
| Análisis calculado | | | | | |
| Energía Met. Gallinas Kcal/kg | 2740 | 2740 | 2740 | 2740 | 2740 |
| Proteína Bruta (PB) % | 15.208 | 15.377 | 15.36 | 15.55 | 15.51 |
| Lisina dig. Ver. Aves % | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 |
| Metionina dig. Ver. Aves % | 0.445 | 0.443 | 0.443 | 0.435 | 0.436 |
| Met + Cis dig. Ver. Aves % | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 |
| Arginina dig. Ver. Aves % | 0.94 | 0.952 | 0.951 | 0.959 | 0.958 |
| Triptófano dig. Ver. Aves % | 0.167 | 0.166 | 0.166 | 0.169 | 0.169 |
| Isoleucina dig. Ver. Aves % | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| Treonina dig. Ver. Aves % | 0.533 | 0.532 | 0.533 | 0.532 | 0.533 |
| Valina dig. Ver. Aves % | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 |
| Calcio % | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Fósforo Disponible % | 0.37 | 0.37 | 0.37 | 0.37 | 0.37 |
| Sodio % | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.16 |
| Linoleico (C18:2) % | 1.747 | 1.751 | 1.749 | 1.742 | 1.74 |
| Balance electrolítico mEq/kg | 196.3 | 195.5 | 196 | 198 | 198.2 |

– **Masa de huevo**

Diariamente se registró el peso de los huevos de cada unidad experimental. El cálculo se realizó con la siguiente fórmula.

Masa de huevo/ave/día (g) = % de Postura* Peso promedio de Huevo.

– **Consumo de alimento**

El consumo de alimento se determinó cada semana en todas las unidades experimentales, se recolectó y peso el residuo de cada unidad experimental.

Consumo de alimento = Alimento Ofrecido – Residuo

– **Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia se calculó en cada unidad experimental y periodo correspondiente con la siguiente formula.

Conversión alimenticia semanal = Consumo de alimento total de la unidad experimental (kg)/Masa de huevo semanal

Conversión alimenticia acumulada = Consumo de alimento acumulado (kg)/Masa de huevo.

– **Análisis estadístico**

Se empleó el diseño completamente al azar. El análisis de varianza se realizó aplicando el procedimiento ANOVA del programa MINITAB 2.0. La diferencia de medias empleando la prueba de comparación múltiple de Tukey.

3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

El costo del alimento (S/.kg) y la conversión alimenticia son dos indicadores claves para calcular el costo por kilo de huevo (S/. kg).

El costo por kilo de huevo, el precio de huevo a la venta y los kilos de huevos producidos, en función de la masa de huevo, son valores requeridos para calcular la ganancia (margen relativo).

– **Retribución económica (Margen)**

La retribución económica relativa del alimento por kg de huevo producido se determinó con la siguiente fórmula.

Retribución económica (S/. Kg) = (Ingreso total por venta de huevo - costo total de alimento consumido) /Masa de huevos comerciales producidos en total.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE LOS NIVELES DE LISINA SOBRE EL PERFORMANCE DE GALLINAS PONEDORAS EN PRE PICO DE POSTURA

4.1.1. Resultados y discusiones del rendimiento de postura de la primera evaluación experimental

Los tratamientos de las dietas no tienen influencia significativa ($P>0.05$) en la producción diaria de huevo, masa de huevo y conversión alimenticia (Tabla 5), a diferencia del peso de huevo que se incrementó significativamente ($P<0.05$) con 0.90% de lisina comparado con el nivel de lisina de 0.750%. Estos resultados concuerdan con los de Scappaticcio *et al*, (2021) quienes reportan que al incrementar el nivel de lisina de 0.68% a 0.80% no se afecta el número de huevos producidos pero el peso de huevo sí se incrementa linealmente y si el objetivo es maximizar el peso de huevo las aves deberían consumir más de 843 mg Lis/día. Estos resultados también concuerdan con Rocha *et al*, (2009) donde el peso de huevo tiene una respuesta lineal cuando se incrementa el nivel de lisina digestible en gallinas de postura de 24 a 40 semanas de edad.

Las gallinas ponedoras pardas requieren más de 744 mg de lisina por día (0.68% de lisina en la dieta) para optimizar la producción de huevo (Scappaticcio *et al*, 2021). Kumar *et al*, (2018) reportó que gallinas blancas requieren 769 mg de lisina digestible por día para maximizar la producción de huevo. Esto guarda relación con la evaluación actual, donde los niveles de lisina de 0.75%, 0.79, 0.83 y 0.90% no muestran diferencia significativa en la producción de huevos. Sin embargo, el nivel de lisina de 0.90% mostró numéricamente una mejor producción de huevos.

En la evaluación no se observó diferencia estadística ($P>0.05$) entre los niveles de lisina 0.75; 0.79; 0.83; 0.90% para el consumo de alimento. Esto contrasta con Rocha *et al*, (2009) donde los niveles de lisina 0.545; 0.590; 0.635; 0.680; 0.725 y 0.770% influenciaron el

consumo de alimento y lisina que se incrementaron de forma lineal. Una influencia positiva del nivel de lisina sobre el consumo de la ración de las gallinas ponedoras puede haber sido una respuesta a una probable mejora en el perfil de aminoácidos de la proteína de la ración a medida que aumenta la cantidad de lisina.

Tabla 5: Efecto del nivel de lisina en dietas experimentales sobre el performance de gallinas ponedoras

| Ítems | Lisina digestible (%) | | | | P-valor |
|--|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|
| | 0.75 | 0.79 | 0.83 | 0.90 | Lisina |
| Producción diaria de las gallinas, (%) | 57.86 ^a | 57.09 ^a | 57.60 ^a | 60.76 ^a | 0.806 |
| Peso de huevo, (g/ave/día) | 52.72 ^b | 53.51 ^{ab} | 53.78 ^{ab} | 54.39 ^a | 0.037 |
| Masa de huevo, (g/ave/día) | 31.19 ^a | 31.16 ^a | 31.42 ^a | 31.46 ^a | 0.710 |
| Consumo de alimento, (g/ave/día) | 103.13 ^a | 103.42 ^a | 103.04 ^a | 103.38 ^a | 0.847 |
| Conversión alimenticia | 4.54 ^a | 4.53 ^a | 4.24 ^a | 3.91 ^a | 0.657 |
| Peso inicial, g | 1672.60 | 1673.50 | 1624.90 | 1661.50 | |
| Peso final, g | 1746.90 | 1800.900 | 1803.100 | 1819.000 | |

4.1.2. Retribución económica de la primera evaluación experimental

El precio de huevo para el periodo actual es de S/. 7.0/kg. y el costo de alimento fue menor para la dieta con 0.75% de lisina que la dieta con 0.90% de lisina con S/. 1.67/kg. y S/. 1.79/kg respectivamente. Se observó una mejor retribución económica para la dieta con el nivel de Lisina de 0.09% considerando los parámetros productivos de la evaluación (Tabla 6).

En este sentido, el menor costo de la dieta no representa un indicador para una máxima retribución económica. Una producción rentable de producción avícola significa obtener un buen retorno sobre lo invertido para los diferentes actores de la cadena productiva (Oberdorf y Klis, 2019). En este sentido, el nivel de lisina de 0.90% generó la mayor retribución económica relativa de S/. 1.394 por kilo de huevo.

Tabla 6: Margen relativo de los niveles de Lisina

| Lys (%) | Precio del Huevo (S./kg) | Masa de Huevo (kg) | Precio del Alimento (S./kg) | Consumo (kg) | Retribución Económica (S./kg) |
|---------|--------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|
| 0.75 | S/. 7.000 | 251.11 | S/. 1.668 | 848.97 | S/. 1.361 |
| 0.79 | S/. 7.000 | 251.48 | S/. 1.696 | 851.35 | S/. 1.258 |
| 0.83 | S/. 7.000 | 255.00 | S/. 1.727 | 848.23 | S/. 1.255 |
| 0.90 | S/. 7.000 | 272.05 | S/. 1.792 | 851.02 | S/. 1.394 |

4.2. RESULTADO DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y RETRIBUCIÓN ECONÓMICA RELATIVA DE LA EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE LISINA EN GALPONES COMERCIALES (CAMPO)

Se evaluaron ocho galpones comerciales de 23 a 27 semanas de edad. Cuatro galpones con dieta Prepico con 0.90% de Lis y los otros cuatro galpones con dieta Prepico con 0.83% de Lis. Estos dos niveles de lisina fueron los que mostraron mejor rendimiento productivo para un consumo de 103 gr/ave/día durante el periodo de la primera evaluación experimental.

La media de los parámetros productivos mostró mejor producción de huevo para los lotes alimentados con la dieta de 0.90% de Lis en comparación de la dieta con 0.83% Lis en 64.06% y 58.86% respectivamente (Tabla 7 y Figuras 4,5). El peso de huevo tuvo una media menor para los lotes alimentados con 0.90% Lis que los lotes alimentados con 0.83% Lis en 54.83g y 55.29g respectivamente. Sin embargo, la masa de huevo fue mayor para las aves alimentadas con la dieta Prepico a 0.90% de lisina.

Los parámetros productivos recolectados de campo están influenciados por factores medio ambientales, de manejo y sanitario.

Tabla 7: Efecto del nivel de lisina en dietas comerciales sobre la performance de gallinas ponedoras

| Ítems | Lisina digestible (%) | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|
| | 0.83 | 0.90 |
| Producción diaria de huevos (%) | 58.86 ± 7.25 | 64.06 ± 2.08 |
| Peso de huevo, (g/ave/día) | 55.29 ± 0.68 | 54.83 ± 8.12 |
| Masa de huevo, (g/ave/día) | 32.58 ± 2.22 | 35.13 ± 0.42 |
| Consumo de alimento, (g/ave/día) | 98.55 ± 1.56 | 97.54 ± 1.94 |

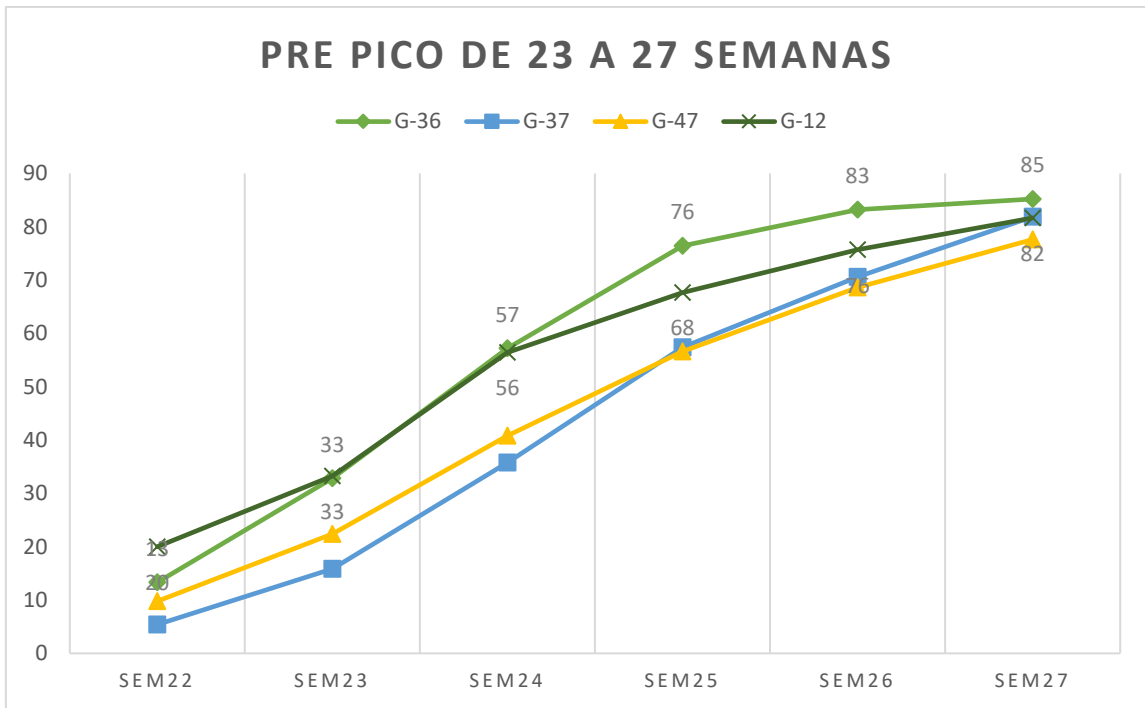


Figura 4: Curva de producción de huevo con dieta Pre-pico 0.90% Lisina.

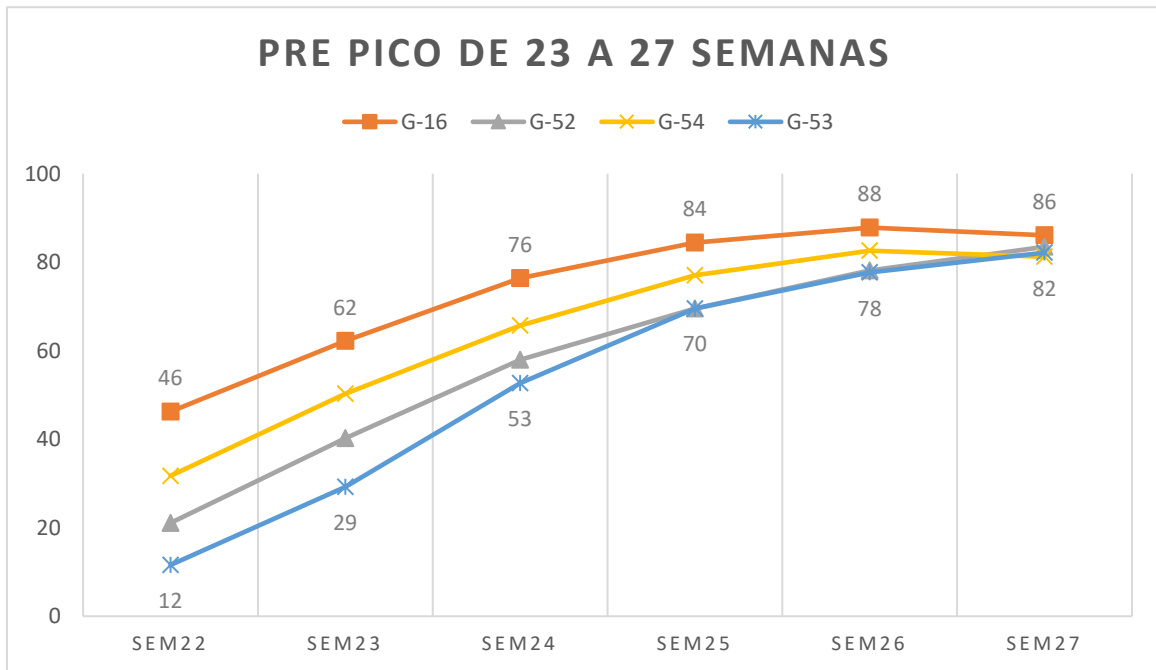


Figura 5: Curva de producción de huevo con dieta Pre-pico 0.83% Lisina.

El análisis del margen relativo de las dietas consideró el precio de huevo de S/. 7.00/kg y el precio del alimento de S/. 1.792/kg para la dieta Prepico con 0.90% Lis y S/. 1.727/kg para la dieta Prepico con 0.83% Lis. Se consideró la población en evaluación 74,908 gallinas para los lotes alimentados con 0.90% Lis y 77,719 gallinas para los lotes alimentados con 0.83% Lis por un periodo de 35 días.

El objetivo de una producción económica de huevo es reducir los costos de la alimentación por unidad de producto final como masa de huevos (Oberdorf y Klis, 2019). Del análisis se observa un mayor costo de alimentación S/.5.23/kg. para producir un kilo de huevo en los lotes alimentados con 0.83% Lis en comparación con los lotes alimentados con 0.90% Lis en S/.4.98/kg.

La retribución económica del alimento fue mayor para los lotes alimentados con 0.90% Lis en S/.2.02/kg que los lotes alimentados con 0.83% Lis (Tabla 8). Esto influenciado por el menor costo por kilo de huevo.

Tabla 8: Retribución económica relativa de dieta Pre-pico 0.90% Lis y Pre-pico 0.83% Lis en galpones comerciales de 23 a 27 semanas de edad

| DIETAS | S./KG HUEVO | KG. HUEVO | INGRESO | EGRESOS | MARGEN | RETRIBUCIÓN POR KILO DE HUEVO (S/.) |
|---------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
| PREPICO (0.90% Lys) | 4.9763 | 92,089.34 | 644,625.3602 | 458,265.3308 | 186,360.0294 | 2.02 |
| PREPICO (0.83% Lys) | 5.2294 | 88,530.62 | 619,714.3522 | 462,960.7943 | 156,753.5579 | 1.77 |

4.3. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROTEASA EXÓGENA SOBRE EL PERFORMANCE DE GALLINAS PONEDORAS

4.3.1. Resultados y discusiones del rendimiento productivo en la segunda evaluación experimental

Los tratamientos de las dietas tuvieron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en la producción de huevos, al suplementar con enzima Vegpro y Ronozyme al 80% de la matriz

nutricional al compararlas con la dieta basal sin suplementar (Tabla 9). No se mostró diferencia estadística significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos para el peso del huevo, mientras que para la masa de huevo y conversión alimenticia hubo diferencia significativa ($P<0.05$) para el tratamiento suplementado con Vegpro al 80% de la matriz nutricional; sin embargo, para el tratamiento suplementado con Ronozyme al 80% no hubo diferencia estadística ($P>0.05$) al compararlos con la dieta basal. Los tratamientos suplementados con Vegpro y Ronozyme al 70% de la matriz nutricional no tuvieron diferencia estadística para la performance al compararlos con la dieta basal.

Las dietas suplementadas con Vegpro al 70 y 80% de la matriz nutricional, y Ronozyme al 80% de la matriz nutricional tuvieron diferencia significativa ($P<0.05$) en el consumo de alimento respecto a la dieta basal, mientras que para la dieta suplementada con Ronozyme al 70% de la matriz nutricional no hubo diferencia estadística ($P>0.05$). Las enzimas mejoran el consumo de alimento en aves con dietas de densidad nutricional normal, mientras que disminuye el consumo de alimento en las aves que reciben dietas con baja densidad o restricciones nutricionales conforme a la matriz nutricional de la proteasa, este efecto puede ser atribuido a la menor cantidad de triptófano, ya que este participa en la regulación del consumo. La inclusión de proteasa mejora una reducción de la energía y proteína de la dieta por la mejor utilización de nutrientes, manteniendo un consumo semejante o mejorando al tratamiento control (Abudabos, 2012; Barbosa, 2017;).

La presente evaluación sugiere que la suplementación con la enzima Vegpro con un aporte del 80% de la matriz nutricional tuvo un efecto significativo sobre la performance, especialmente en relación a la producción, masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia de las gallinas ponedoras comparado con la dieta sin suplementar. Los resultados concuerdan con los de Rosario et al, (2018) quien encontró un mejor desempeño en relación a la producción de huevo, masa de huevo y conversión alimenticia con una proteasa exógena, esto se explica porque la inclusión de la enzima aumenta la disponibilidad de aminoácidos para la absorción, con una mayor síntesis de proteína. Una mayor masa de huevo se relaciona con un aumento de albumina y yema de huevo.

Liu et al, (2013) concluye que la proteasa tiene efecto en la salud intestinal al hidrolizar los factores anti nutricionales y proteínas antigénicas, mejorando significativamente los coeficientes de digestibilidad de aminoácidos en la parte distal de íleon y acelera

significativamente la tasa de digestión de aminoácidos. Barbosa, (2017) demostró una mayor profundidad de cripta en la mucosa del yeyuno en los tratamientos que recibieron la adición de proteasa, esto se puede atribuir a que las enzimas pueden promover una mayor proliferación de células epiteliales (enterocitos y caliciformes) importantes para la reparación de la mucosa intestinal. Por otro lado, no encontró diferencia estadística sobre la altura de las vellosidades.

Los complejos enzimáticos a base de proteasa, celulasa, α galactosidasa y amilasa tienen una acción específica sobre las oleaginosas como la soya. La eficacia de estos complejos está directamente relacionada con el nivel y naturaleza de polisacáridos no amiláceos (PNA) en los ingredientes del alimento (De Paz, 2007). La adición de un complejo enzimático (proteasa, amilasa, xilanasa) es más efectivo en mejorar la energía de la harina de soya (Douglas and Parsons, 2000).

Paulo, (2021) demostró mayores niveles de energía metabolizable aparente en tratamientos donde la proteasa se combinaba con la amilasa y xilanasa en dietas basales de maíz y soya para pollos de engorde. Así mismo, Abudabos (2012) encontró que en pollos de carne la suplementación multi enzimática es capaz de restaurar el valor nutricional de la dieta con baja proteína cruda y energía. En contradicción a estos resultados Araújo et al, (2008) al utilizar inclusiones de harina de trigo y complejo enzimático (proteasa, celulasa y amilasa) como suplementación para ponedoras de la línea Lohmann Brown en la primera fase de producción no encontró diferencia entre los tratamientos para consumo de alimento, producción de huevo, masa de huevo y conversión alimenticia.

La suplementación con la enzima Ronozyme con un aporte del 80 % de la matriz nutricional no tuvo un efecto significativo en la masa de huevo y conversión alimenticia de las gallinas ponedoras al compararlo con la dieta sin suplementar. Esta discrepancia se puede atribuir al tipo de enzima suplementada. Vegpro es un complejo enzimático que contiene proteasa y celulasa, mientras que Ronozyme es un mono componente de proteasa (Abudabos, 2012).

Tabla 9: Efecto de la suplementación con proteasa exógena en dietas experimentales sobre el performance de gallinas ponedoras de 44 a 48 semanas de edad

| Ítems | Control | Suplementación con proteasa | | | | P-valor |
|--|---------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|
| | | 80 Vegpro | 70 Vegpro | 80 Ronozyme | 70 Ronozyme | |
| Producción diaria de las gallinas, (%) | 72.14 ^b | 77.16 ^a | 72.07 ^b | 76.75 ^a | 75.14 ^{ab} | 0.004 |
| Peso de huevo, (g/ave/día) | 61.28 ^a | 61.96 ^a | 61.55 ^a | 61.82 ^a | 61.24 ^a | 0.038 |
| Masa de huevo, (g/ave/día) | 44.76 ^b | 48.84 ^a | 44.52 ^b | 47.23 ^{ab} | 45.96 ^b | 0.001 |
| Consumo de alimento, (g/ave/día) | 104.86 ^b | 108.57 ^a | 108.31 ^a | 108.32 ^a | 106.89 ^b | 0.001 |
| Conversión alimenticia | 2.32 ^a | 2.15 ^b | 2.29 ^a | 2.28 ^a | 2.29 ^a | 0.001 |
| Peso inicial, g | 1903.00 | 1895.00 | 1897.00 | 1902.00 | 1915.00 | |

4.3.2. Retribución económica de la evaluación experimental

El análisis económico se realizó considerando los tratamientos donde se observa significativamente un mejor performance vs la dieta control. Estas fueron las dietas con la suplementación de Vegpro y Ronozyme al 80% de la matriz nutricional.

El precio de huevo al periodo actual es de S/. 7.0/kg. La dieta control tiene un costo de S/. 1.703/kg. mayor a las dietas suplementadas con proteasa.

La retribución económica relativa por kilo de huevo está en función de la masa de huevo y la cantidad de alimento consumido durante el tiempo que duró la evaluación. Se demuestra que la dieta suplementada con proteasa exógena Vegpro tiene una mejor retribución económica S/.3.189/kg. (Tabla 10).

Tabla 10: Margen relativo de la suplementación con proteasa

| DIETAS | Precio del Huevo (S./kg) | Masa de Huevo (kg) | Precio del Alimento (S./kg) | Consumo (kg) | Retribución Económica (S./kg) |
|-----------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|
| SIN PROTEASA | 7.000 | 303.25 | 1.703 | 719.32 | 2.960 |
| 80% PROTEASA VEGPRO | 7.000 | 327.95 | 1.678 | 744.76 | 3.189 |
| 80% PROTEASA RONOZYME | 7.000 | 325.47 | 1.685 | 743.10 | 3.153 |

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrollaron las evaluaciones en la empresa Avícola Lescano y en función de los resultados obtenidos, se puede establecer lo siguiente:

- En la primera evaluación experimental, el nivel de lisina de 0.90 por ciento en la dieta de gallina ponedora al inicio de postura mejoró significativamente el peso de huevo en comparación a los niveles de lisina de 0.75; 0.79; 0.83 por ciento.
- En la evaluación en campo, nivel de lisina de 0.90 por ciento tuvo una mejor respuesta en la producción de huevo y masa de huevo en relación del nivel de 0.83 por ciento de lisina.
- En la segunda evaluación experimental la suplementación con el complejo enzimático con proteasa al 80 por ciento de su aporte nutricional mejoró significativamente los parámetros productivos como producción de huevos, consumo de alimento, masa de huevo y conversión alimenticia en relación a la dieta sin suplementar.
- En aves en inicio de postura un nivel de lisina de 0.90 por ciento tiene mejor retribución económica por kilo de huevo (masa). Así mismo, aves en postura cuyas dietas son suplementadas con proteasa exógena genera mayor retribución económica.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar un nivel de lisina de 0.90% en dietas de pre - pico de postura y suplementar con el complejo enzimático compuesto por proteasa durante todo el ciclo productivo en gallinas ponedoras para reducir el costo de la alimentación.
- Evaluar inclusión de proteína animal en dietas de postura suplementadas con proteasa exógena.
- Evaluar niveles de aminoácidos requeridos en las demás fases de alimentación del ciclo productivo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abudabos, A. M. (2012). Effect of enzyme supplementation to normal and low-density broiler diets based on corn-soybean meal. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(2), 139-148.
- Akbari Moghaddam Kakhki, R., Golian, A., & Zarghi, H. (2016). Effect of dietary digestible lysine concentration on performance, egg quality, and blood metabolites in laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 25(4), 506–517. doi:10.3382/japr/pfw032.
- Amer, S. A., Naser, M. A. F., Abdel-Wareth, A. A. A., Saleh, A. A., Elsayed, S. A. M., Abdel fattah, D. M., & Metwally, A. E. (2020). Effect of dietary supplementation of alpha-galactosidase on the growth performance, ileal digestibility, intestinal morphology, and biochemical parameters in broiler chickens. *BMC Veterinary Research*, 16(1). doi:10.1186/s12917-020-02359-7
- Araújo, D. M.; Silva, J. H. V.; Miranda, E. C.; Araújo, J. A.; Costa, F. G. P. e Teixeira, E. N. M. 2008. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:843-848
- BAKER, D. H., & HAN, Y. (1994). Ideal Amino Acid Profile for Chicks During the First Three Weeks Posthatching. *Poultry Science*, 73(9), 1441–1447. doi:10.3382/ps.0731441
- Baker, D. H. 2003. Ideal amino acid patterns for broiler chicks. Pages 223–235 in *Amino Acids in Animal Nutrition*. J.F.P. D’Mello, ed. CABI Publishing, Oxon, UK.
- Baker, D. H. (2009). Advances in protein–amino acid nutrition of poultry. *Amino acids*, 37(1), 29-41.

- Barbosa, S. A. P. V., Corrêa, G. S. S., Corrêa, A. B., Oliveira, C. F. S. D., Vieira, B. S., Figueiredo, É. M. D., ... & Lima Neto, H. R. (2020). Effects of different proteases on commercial laying hens at peak production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49.
- Barbosa, S. A. P. V. (2017). Uso de diferentes proteases em dieta de poedeiras leves. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.
- Bregendahl, K., Roberts, S. A., Kerr, B., & Hoehler, D. (2008). Ideal Ratios of Isoleucine, Methionine, Methionine Plus Cystine, Threonine, Tryptophan, and Valine Relative to Lysine for White Leghorn-Type Laying Hens of Twenty-Eight to Thirty-Four Weeks of Age. *Poultry Science*, 87(4), 744–758. doi:10.3382/ps.2007-00412.
- Chen, C., Sander, J. E., & Dale, N. M. (2003). The Effect of Dietary Lysine Deficiency on the Immune Response to Newcastle Disease Vaccination in Chickens. *Avian Diseases*, 47(4), 1346–1351. doi:10.1637/7008.
- Douglas, M. W., Parsons, C. M., & Bedford, M. R. (2000). Effect of Various Soybean Meal Sources and Avizyme on Chick Growth Performance and Ileal Digestible Energy. *The Journal of Applied Poultry Research*, 9(1), 74–80. doi:10.1093/japr/9.1.74
- DE PAZ CONTRERAS, I. M., 2007. Evaluación de dos complejos enzimáticos en el comportamiento productivo de pollos de engorde alimentados con una dieta a base de maíz y pastas de soya bajo condiciones comerciales. Tesis para optar el título de Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Dong, X. Y., Azzam, M. M. M., & Zou, X. T. (2016). Effects of dietary L-isoleucine on laying performance and immunomodulation of laying hens. *Poultry Science*, 95(10), 2297–2305. doi:10.3382/ps/pew163.
- Elliot, M. A. (2008). Amino acid nutrition of commercial pullets and layers. *Dairy Nutritional Strategies to Meet Economic and Environmental Challenges*, 193.

- Emmert, J. L., and D. H. Baker. 1997. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. *J. Appl. Poult. Res.* 6:462–470.
- Filho, José Jordão et al. Exigência de lisina para poedeiras semipesadas durante o pico de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p. 1728-1734, 2006.
- Gomides, L. (27 de abril del 2021). Uso da enzima protease na alimentação de poedeiras. *Agroceres Multimix*. <https://agroceresmultimix.com.br/blog/uso-da-enzima-protease-na-alimentacao-de-poedeiras/>
- Guevara, V. (20 de Julio del 2020). Economics of Poultry Feeding: From least cost to maximum profit feed formulation. <https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/economics-poultry-feeding-least-t45713.htm>
- Jardim Filho, R. de M., Stringhini, J. H., Andrade, M. A., Café, M. B., Leandro, N. S. M., & Carvalho, F. B. de. (2010). Níveis de lisina digestível para poedeiras Hy-Line W-36 em produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(4), 787–795. doi:10.1590/s1516-35982010000400013
- Kakhki, A. M., R., A. Golian, and H. Zarghi. 2016a. Effect of dietary digestible lysine concentration on performance, egg quality, and blood metabolites in laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 25:506–517.
- Kerr, B. J., & Kidd, M. T. (1999). Amino acid supplementation of low-protein broiler diets: 2. Formulation on an ideal amino acid basis. *Journal of Applied Poultry Research*, 8(3), 310-320.
- Kidd, M. T., Tillman, P. B., Waldroup, P. W., & Holder, W. (2013). Feed-grade amino acid use in the United States: The synergetic inclusion history with linear programming. *The Journal of Applied Poultry Research*, 22(3), 583–590. doi:10.3382/japr.2012-00690.
- Kocher, A., Choct, M., Porter, M. D., & Broz, J. (2002). Effects of feed enzymes on nutritive value of soyabean meal fed to broilers. *British Poultry Science*, 43(1), 54–63.

- Koch, F., & Lemme, A. (2003). APPLICATION OF THE IDEAL PROTEIN CONCEPT IN BROILER NUTRITION.
- Kumar, D., Raginski, C., Schwean-Lardner, K., & Classen, H. (2018). Assessing the performance response of laying hens to intake levels of digestible balanced protein from 27 to 66 weeks of age. *Canadian Journal of Animal Science*. doi:10.1139/cjas-2017-0132.
- Lahaye, L., Tactacan, G., Lemos de Moraes, M., Bodin, J., & Kil, D. (2018). PSXVI-22 Protease for laying hens as a strategy to save on feed cost and reduce nitrogen excretion. *Journal of Animal Science*, 96(suppl_3), 332–332. doi:10.1093/jas/sky404.731
- Leinonen, Ilkka; Williams, Adrian G (2015). Effects of dietary protease on nitrogen emissions from broiler production: a holistic comparison using Life Cycle Assessment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15), 3041–3046. doi:10.1002/jsfa.7202.
- Lin Law, F., Idrus, Z., Soleimani Farjam, A., Juan Boo, L., & Awad, E. A. (2019). Effects of protease supplementation of low protein and/or energy diets on growth performance and blood parameters in broiler chickens under heat stress condition. *Italian Journal of Animal Science*, 1–11. doi:10.1080/1828051x.2018.1557019.
- Liu, S. Y., Selle, P. H., Court, S. G., & Cowieson, A. J. (2013). Protease supplementation of sorghum-based broiler diets enhances amino acid digestibility coefficients in four small intestinal sites and accelerates their rates of digestion. *Animal Feed Science and Technology*, 183(3-4), 175–183. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2013.05.006.
- Macelline, S. P., Toghyani, M., Chrystal, P. V., Selle, P. H., & Liu, S. Y. (2021). Amino acid requirements for laying hens: a comprehensive review. *Poultry Science*, 100(5), 101036. doi: 10.1016/j.psj.2021.101036
- MACK, S., BERCOVICI, D., DE GROOTE, G., LECLERCQ, B., LIPPENS, M., PACK, M., VAN CAUWENBERGHE, S. (1999). Ideal amino acid profile and dietary lysine

specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. *British Poultry Science*, 40(2), 257–265. doi:10.1080/00071669987683

Mejía, L. (23 de marzo de 2022). A medida que los precios de los ingredientes se disparan, ¿Qué soluciones pueden ofrecer los nutricionistas avícolas? *Actualidad Avípecuaria*. <https://actualidadavipecuaria.com/a-medida-que-los-precios-de-los-ingredientes-se-disparan-que-soluciones-pueden-ofrecer-los-nutricionistas-avicolas/>

Meluzzi, A., Sirri, F., Tallarico, N., & Franchini, A. (2001). Nitrogen retention and performance of brown laying hens on diets with different protein content and constant concentration of amino acids and energy. *British Poultry Science*, 42(2), 213–217. doi:10.1080/00071660120048474.

Nguyen, H. T., Bedford, M. R., Wu, S.-B., & Morgan, N. K. (2021). Soluble non-starch polysaccharide modulates broiler gastrointestinal tract environment. *Poultry Science*, 100(8), 101183. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101183>

Novak, C., Yakout, H., & Scheideler, S. (2004). The Combined Effects of Dietary Lysine and Total Sulfur Amino Acid Level on Egg Production Parameters and Egg Components in Dekalb Delta Laying Hens. *Poultry Science*, 83(6), 977–984. doi:10.1093/ps/83.6.977.

Oberdorf A., Klis, J.D.v.d. (28 de septiembre de 2019). Quanto poderia ser economizado no custo de alimentação de galinhas poedeiras? *AviNews*. <https://avinews.com/pt-br/custo-de-alimentacao-de-galinhas-poedeiras/>

Parsons CM, Castanon F, Han Y. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poultry Science*. 1997; 76:361-368.

Paulo, L. M. Qualidade de farelos de soja para frangos de corte suplementados com enzimas exógenas. 2021. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

- Rosário, R. S. do; Nascimento, L. A. do; Faustino, S. L. dos S.; Ribeiro, J. L.; Souza, G. de C.; Corrêa, G. da S. S.; Barbosa, S. A. P. V.; Corrêa, A. B. (2018). Desempenho de poedeiras com adição de protease na dieta. 55a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia, Goiânia, Brasil.
- Rocha, T.C. do, Gomes, P.C., Donzele, J.L., Barreto, S.L.T., Mello, H.H.C., Brumano, G. (2009). Níveis de lisina digestível em rações para poedeiras no período de 24 a 40 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(9), 1726-1731.
- Santos, T. A. dos, Geraldo, A., Machado, L. C., Pelícia, K., Simão, S. D., & Vieira Filho, J. A. (2014). Digestible lysine levels for laying hens and their effects on egg quality. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36(1), 41. doi:10.4025.
- Savaram, V. R. R., Paul, S. S., Mantina, V. L. N. R., Devanaboyina, N., & Bhukya, P. (2021). Graded concentrations of digestible lysine on performance of White Leghorn laying hens fed sub-optimal levels of protein. *Animal Bioscience*, 34(5), 886.
- Scappaticcio, R., García, J., Fondevila, G., de Juan, A. F., Cámara, L., & Mateos, G. G. (2021). Influence of the energy and digestible lysine contents of the diet on performance and egg quality traits of brown-egg laying hens from 19 to 59 weeks of age. *Poultry Science*, 100(7), 101211. doi: 10.1016/j.psj.2021.101211.
- Selle, P. H., de Paula Dorigam, J. C., Lemme, A., Chrystal, P. V., & Liu, S. Y. (2020). Synthetic and Crystalline Amino Acids: Alternatives to Soybean Meal in Chicken-Meat Production. *Animals*, 10(4), 729. doi:10.3390/ani10040729.
- Shim, M. Y., Song, E., Billard, L., Aggrey, S. E., Pesti, G. M., & Sodsee, P. (2013). Effects of balanced dietary protein levels on egg production and egg quality parameters of individual commercial layers. *Poultry Science*, 92(10), 2687–2696. doi:10.3382/ps.2012-02569.
- Sun, M., Ma, N., Liu, H. et al. The optimal dietary arginine level of laying hens fed with low-protein diets. *J Animal Sci Biotechnol* 13, 63 (2022). <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00719-x>

- Vaezi, G., Teshfam, M., Bahadoran, S., Farazyan, H., & Hosseini, S. (2011). Effects of Different Levels of Lysine on Small Intestinal Villous Morphology in Starter Diet of Broiler Chickens.
- Vieira Filho, J. A., Geraldo, A., Machado, L. C., Brito, J. Á. G. de Bertechini, A. G., & Murakami, E. S. F. (2015). Effect of protease supplementation on production performance of laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(1), 29. doi:10.4025/actascianimsci.v37i1.22830.
- Vieira, S. L., Stefanello, C., & Cemin, H. S. (2016). Lowering the dietary protein levels by the use of synthetic amino acids and the use of a mono component protease. *Animal Feed Science and Technology*, 221, 262–266. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.07.001.
- Wang C, Lu W, Li D, Xing J. Effects of alpha-galactosidase supplementation to corn-soybean meal diets on nutrient utilization, performance, serum indices and organ weight in broilers. *Asian Australas J Anim Sci*. 2005;18(12):1761–8.
- Zaman, Q. U., Mushtaq, T., Nawaz, H., Mirza, M. A., Mahmood, S., Ahmad, T., ... Mushtaq, M. M. H. (2008). Effect of varying dietary energy and protein on broiler performance in hot climate. *Animal Feed Science and Technology*, 146(3-4), 302–312. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.01.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL PARA AVES EN POSTURA – NRC, 1994 (COMO % DE LISINA)

| Aminoácidos | Postura - Hisex |
|--------------------|------------------------|
| Lisina | 100 |
| Metionina | 54 |
| Met + Cis | 90 |
| Arginina | 104 |
| Triptófano | 22 |
| Isoleucina | 82 |
| Treonina | 74 |
| Valina | 92 |

ANEXO 2: REQUERIMIENTO DE AMINOÁCIDOS PARA PONEDORAS EN BASE AL PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL (COMO % DE ALIMENTO)

| Aminoácidos | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) | T4 (%) |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Lisina | 0.75 | 0.79 | 0.83 | 0.90 |
| Metionina | 0.41 | 0.43 | 0.45 | 0.46 |
| Met + Cis | 0.68 | 0.71 | 0.75 | 0.77 |
| Arginina | 0.78 | 0.82 | 0.86 | 0.89 |
| Triptófano | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.19 |
| Isoleucina | 0.62 | 0.65 | 0.68 | 0.71 |
| Treonina | 0.56 | 0.58 | 0.61 | 0.64 |
| Valina | 0.69 | 0.73 | 0.76 | 0.79 |

ANEXO 3: MATRIZ NUTRICIONAL DE PROTEASA ALLZYME VEGPRO A 100, 80 Y 70%

| | | 100% | 80% | 70% |
|---------------------------|---------|-------------|------------|------------|
| Dosis por tonelada | | 500gr | 500gr | 500gr |
| Proteína Bruta (PB) | % | 2,230.00 | 1,784.00 | 1,561.00 |
| Energía Met. Gallinas | Kcal/kg | 105,846.00 | 84,676.80 | 74,092.20 |
| Lisina dig. Ver. Aves | % | 93.88 | 75.104 | 65.72 |
| Metionina dig. Ver. Aves | % | 26.90 | 21.520 | 18.83 |
| Met + Cis dig. Ver. Aves | % | 54.82 | 43.856 | 38.37 |
| Treonina dig. Ver. Aves | % | 76.07 | 60.856 | 53.25 |
| Triptófano dig. Ver. Aves | % | 25.11 | 20.088 | 17.58 |
| Arginina dig. Ver. Aves | % | 156.85 | 125.480 | 109.80 |
| Valina dig. Ver. Aves | % | 107.38 | 85.904 | 75.17 |
| Isoleucina dig. Ver. Aves | % | 107.53 | 86.024 | 75.27 |

**ANEXO 4: MATRIZ NUTRICIONAL DE PROTEASA RONOZYME PROACT A
100, 80 Y 70%**

| | | 100% | 80% | 70% |
|---------------------------|---------|-------------|------------|------------|
| Dosis por tonelada | | 30gr | 30gr | 30gr |
| Proteína Bruta (PB) | % | 26,755.00 | 21,404.00 | 18,728.50 |
| Energía Met. Gallinas | Kcal/kg | 666,800.00 | 533,440.00 | 466,760.00 |
| Lisina dig. Ver. Aves | % | 1,066.00 | 852.80 | 746.20 |
| Metionina dig. Ver. Aves | % | 333.00 | 266.40 | 233.10 |
| Met + Cis dig. Ver. Aves | % | 889.00 | 711.20 | 622.30 |
| Treonina dig. Ver. Aves | % | 963.00 | 770.40 | 674.10 |
| Triptófano dig. Ver. Aves | % | 261.00 | 208.80 | 182.70 |
| Arginina dig. Ver. Aves | % | 1,508.00 | 1,206.40 | 1,055.60 |
| Valina dig. Ver. Aves | % | 964.00 | 771.20 | 674.80 |
| Isoleucina dig. Ver. Aves | % | 711.00 | 568.80 | 497.70 |

ANEXO 5: CÁLCULO DE RETRIBUCIÓN ECONÓMICA RELATIVA

Evaluación experimental 1:

| Lisina (%) | Producción (%) | Peso del huevo | Masa de Huevo (gr.) | Consumo de alimento (gr.) |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 0.75 | 0.579 | 52.720 | 30.50 | 103.13 |
| 0.79 | 0.571 | 53.510 | 30.55 | 103.42 |
| 0.83 | 0.576 | 53.780 | 30.98 | 103.04 |
| 0.90 | 0.608 | 54.390 | 33.05 | 103.38 |

| Indicadores | Valores | Producto |
|----------------------------------|--|-----------------|
| N° de aves en evaluación = | 168.00 | |
| N° de días en evaluación = | 49.00 | |
| Precio del Huevo (S./kg) = | S/ 7.000 | |
| Precio del Alimento (S./kg) = | S/ 1.668 | |
| Masa de Huevo total (kg) = | $(30.50 * 168 * 49) / 1000 =$ | 251.11 |
| Consumo total de alimento (kg) = | $(103.13 * 168 * 49) / 1000 =$ | 848.97 |
| Retribución Económica (S./kg) = | $(7 * 251.11 - 1.668 * 848.97) / 251.11 =$ | S/ 1.361 |

Evaluación experimental 2:

| DIETAS | Producción (%) | Peso del huevo | Masa de Huevo (gr.) | Consumo de alimento (gr.) |
|---------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| SIN PROTEASA | 0.721 | 61.278 | 44.21 | 104.86 |
| 80% PROTEASA | | | | |
| VEGPRO | 0.772 | 61.957 | 47.81 | 108.31 |
| 80% PROTEASA | | | | |
| RONOZYME | 0.768 | 61.825 | 47.45 | 108.32 |

| Indicadores | Valores | Producto |
|----------------------------------|--|------------------------|
| N° de aves en evaluación = | 196.00 | |
| N° de días en evaluación = | 35.00 | |
| Precio del Huevo (S./kg) = | S/. | 7.000 |
| Precio del Alimento (S./kg) = | S/. | 1.703 |
| Masa de Huevo total (kg) = | $(44.21 * 196 * 35) / 1000 =$ | 303.25 |
| Consumo total de alimento (kg) = | $(104.86 * 196 * 35) / 1000 =$ | 719.34 |
| Retribución Económica (S./kg) = | $(7 * 303.25 - 1.668 * 719.34) / 303.25 =$ | S/. 2.96 |