

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



**Ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*, fermentado
con bacterias nativas de gallina, en la producción de huevos en
Tumbes, 2024**

TESIS

**Para optar el Título profesional de Médico Veterinario y
Zootecnista**

Br. Blanca Lorena Lorenzo García

TUMBES, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



**Ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*,
fermentado con bacterias nativas de gallina, en la producción de
huevos en Tumbes, 2024.**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Mg. Omar Enrique Jibaja Cruz (presidente).

Presidente

Dr. Humberto Quintana Campos (secretario).

Secretario

Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez (vocal).

Vocal

TUMBES, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



**Ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*,
fermentado con bacterias nativas de gallina, en la producción de
huevos en Tumbes, 2024.**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su
contenido y forma**

Mg. Blanca Lorena Lorenzo García (presidente).

Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez (secretario).

Ing. Gloria María Ochoa Mogollón (vocal).

TUMBES, 2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA



"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los nueve días del mes de febrero de dos mil veintiséis, siendo las *doce* horas, con *treinta* minutos *42:30* de la *tarde*, de forma presencial en el Aula 02 de los ambientes de la Escuela de Posgrado de la Ciudad Universitaria - Pampa Grande, Tumbes. se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 0080-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz** (Presidente), **Mg. M.V. Humberto Quintana Campos** (Secretario), **Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al **Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez**, como **Asesor**, y a la **Ing. Gloria María Ochoa Mogollón**, como **Co-asesora**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "**Ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*, fermentado con bacterias nativas de gallina, en la producción de huevos en Tumbes, 2024**"; para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, presentado por la **Bach. Blanca Lorena Lorenzo García**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de la sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la: **Bach. BLANCA LORENA LORENZO GARCÍA**, *aprobada*, por *unanimidad*, con el calificativo *bueno*.

Se hace conocer a la sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda *apta* para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las *doce* horas y *treinta* minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, *09 de febrero del 2026*

 Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz DNI N° 42107171 CODIGO ORCID 0000-0002-4417-8981 Presidente	 Mg. M.V. Humberto Quintana Campos DNI N° 11717473 CODIGO ORCID 0000-0003-4289-8747 Secretario
 Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez DNI N° 02837861 CODIGO ORCID 0000-0003-2395-5056 Vocal	

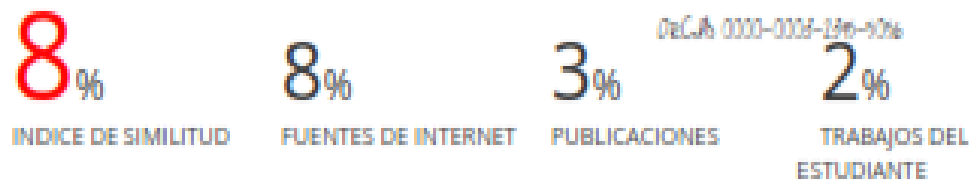
C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADA-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.

Ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*, fermentado con bacterias nativas de gallina, en la producción de huevos en Tumbes, 2024

Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez

(R. 00018519) Docente Principal FCA

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
4	www.avem.mx Fuente de Internet	<1%
5	www.preprints.org Fuente de Internet	<1%
6	sutir.sut.ac.th:8080 Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	sci-platform.org Fuente de Internet	<1%

9	rehip.unr.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
10	www.thepoultrysite.com Fuente de Internet	<1 %
11	revistas.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	cjascience.com Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
14	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
15	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.thefreelibrary.com Fuente de Internet	<1 %
18	Arrue Tobar, Jose Augusto. "Evaluacion de un blend nutricional en la calidad del huevo de un sistema intensivo de gallinas de postura", Pontificia Universidad Catolica de Chile (Chile), 2020 Publicación	<1 %


Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez
(R# P0018515) Decano Principal, FCA

DeCAs 0000-0018-1946-5046

19	dspace.unitru.edu.pe Fuente de internet	<1 %
20	repositorio.uns.edu.pe Fuente de internet	<1 %
21	Submitted to Chester College of Higher Education Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to University of New England Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas


Activo

Excluir coincidencias

+ 15 words

Excluir bibliografía

Activo


 Dr. Mg. Mtor Alfredo Sánchez Suárez
 (R-00018525) Docente Principal F.C.A.
 OeL.A. 0000-0000-2000-0000

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE ANEXOS	VIII
DEDICATORIA.....	IX
AGRADECIMIENTOS	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Avicultura en la Producción Animal	16
2.2. Líneas Comerciales de Gallinas Ponedoras	17
2.3. Manejo de Gallinas Ponedoras	19
2.4. Nutrición y Alimentación Avícola.....	21
2.5. Subproducto: Cabeza de <i>Penaeus vannamei</i>	22
2.6. Ensilado	24
2.7. Bacterias Ácido-lácticas en Avicultura.....	25
2.8. Composición Nutricional del Huevo	26
2.9. Parámetros productivos en gallinas ponedoras	29
ANTECEDENTES	31
2.10. Antecedentes Internacionales	31
2.11. Antecedentes Nacionales.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Lugar de Ejecución	35
3.2. Materiales, equipos, herramientas e insumos	36
3.3. Procedimiento metodológico.....	39

Características físico, químicas del alimento	44
3.4. Variables experimentales	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. Viabilidad del ensilado biológico y presencia de la bacteria fermentativa	49
4.2. Análisis de químico del EB	49
4.3. Productividad de las gallinas.....	51
4.4. Eficiencia alimenticia y digestibilidad	57
4.5. Otros parámetros cualitativos de la yema de huevo de gallina	62
4.6. Salud de la gallina	66
4.7. Características del tracto digestivo de la gallina sacrificada	69
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
VIII. ANEXOS.....	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ingredientes de dieta base utilizada</i>	43
Tabla 2 <i>Composición de los tratamientos</i>	44
Tabla 3 <i>Composición química de la dieta base</i>	45
Tabla 4 <i>Composición química de la dieta base con la adición de ensilado</i>	45
Tabla 5 <i>Esquema del análisis de varianza</i>	46
Tabla 6 <i>Composición química del EB en base seca</i>	51
Tabla 7 <i>Medias del peso, longitud y diámetro de huevos de gallinas alimentadas con EB</i>	54
Tabla 8 <i>Análisis de Varianza peso, longitud y diámetro de huevos de gallinas alimentadas con EB</i>	55
Tabla 9 <i>Prueba de comparación Tukey y una confianza de 95% para los pesos de los huevos de los tratamientos</i>	55
Tabla 10 <i>Índice de conversión alimenticia (ICA), digestibilidad aparente (%) y mérito económico (%)</i>	58
Tabla 11: <i>Principales parámetros calidad del huevo</i>	62
Tabla 12: <i>valor de significancia de calidad del huevo</i>	63
Tabla 13: <i>Tamaño de las vellosidades intestinales</i>	67
Tabla 14: <i>Rendimiento porcentual de los órganos de la gallina</i>	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento	57
Figura 02: Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento	58
Figura 03: Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento	59
Figura 04: Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento	60
Figura 05: Huevos de gallinas alimentadas con el ensilado biológico. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 06: rendimiento de carcasa, hígado y molleja de gallinas alimentadas con EB. ..	70
Figura 07: Variable histomorfométrica yeyuno altura promedio de vellosidad intestinal (10 x); a) T0 promedio largo ancho y pared del 1688.472,152.145, 114.837 um b) T1 promedio 1495.93, 218.657, 261.868 um, c) T2 promedio 1663.475, 180.22 , 211.478 um, y d) T3 promedio 1396 um hasta 2541 um. Software utilizado: Labscope de Zeiss....	68

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A) ACCIONES PREVIAS A LA CRIANZA Y ACONDICIONAMIENTO DE GALPON.....	84
ANEXO B) PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DEL ENSILADO	85
ANEXO C) PROCESAMIENTO DEL E.B.	86
ANEXO D) PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.	87
ANEXO E) PESO Y MEDIDA DEL HUEVO EN LA ETAPA DE POSTURA.	88
ANEXO F) COMPARACIÓN DEL PESO Y DEL COLOR DE LA YEMA EN ETAPA DE POSTURA.	89
ANEXO G) CARACTERISTICAS DE CARCASA, MOLLEJAS, HIGADOS Y CORAZON DE GALLINAS ALIMENTADAS CON E. B.	90
ANEXO H) CARACTERÍSTICAS DE CIEGOS DE GALLINA CON TRATAMIENTO TESTIGO Y DE GALLINA ALIMENTADA CON E.B.	91
ANEXO I) ANALISIS BROMATOLOGICO DEL ALIMENTO Y PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD	91
ANEXO J) DETERMINACION DE MATERIA SECA Y CENIZAS EN ALIMENTOS	91

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, quienes con su esfuerzo incondicional, paciencia infinita y amor constante han guiado cada uno de mis pasos, inspirándome a luchar por mis metas y nunca rendirme frente a las dificultades. Este logro es tan suyo como mío.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida y por las oportunidades que se me presentan para lograr mis metas, a mis padres por su apoyo constante, por motivarme a seguir adelante y creer en mí en cada etapa de mi formación profesional.

Agradezco a mi esposo e hija por ser la fuente de inspiración y motivo que me impulsa a continuar con la lucha por el proyecto de vida que compartimos.

A mis docentes y asesores, él doctor Héctor Sánchez y la ing. Gloria de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, quienes con su experiencia y dedicación han contribuido a mi desarrollo académico y científico.

A las instituciones y personas que brindaron su colaboración durante el desarrollo de este trabajo de investigación, permitiendo que se lleve a cabo de manera adecuada.

A todas las personas, en especial a mi amiga Juanita, hermanos y familiares que, de alguna u otra manera, aportaron para la culminación de esta tesis, mi más sincero reconocimiento.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de ensilado biológico (EB) de cabeza de *Penaeus vannamei* fermentado con bacterias ácido-lácticas nativas en dietas para gallinas ponedoras sobre la producción y calidad del huevo. El estudio se llevó a cabo en gallinas comerciales de la línea Hy-Line Brown, distribuidas en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: T0 (0 por ciento de inclusión de EB), T1 (10% EB), T2 (15% EB) y T3 (20% EB). Se evaluaron variables productivas como porcentaje de postura, conversión alimenticia y peso del huevo, así como indicadores de calidad interna y externa del huevo, entre ellos color de yema y unidades Haugh.

La elaboración del ensilado biológico se realizó a partir de residuos de la industria langostinera, promoviendo el aprovechamiento sostenible de subproductos pesqueros y su incorporación en sistemas de producción avícola. Se determinó que la inclusión del ensilado biológico puede contribuir positivamente al desempeño productivo, la calidad del huevo y la salud de la gallina, representando una alternativa económica para los productores avícolas de la región de Tumbes.

Palabras clave: ensilado biológico, *Penaeus vannamei*, gallinas ponedoras, producción de huevo, calidad del huevo, sostenibilidad.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of including *Penaeus vannamei* head silage fermented with native lactic acid bacteria in the diets of laying hens on egg production and quality. The study was conducted using commercial Hy-Line Brown hens, randomly assigned to four treatments: T0 (0% silage inclusion), T1 (10% silage), T2 (15% silage), and T3 (20% silage). Productive variables such as laying percentage, feed conversion ratio, and egg weight were evaluated, as well as internal and external egg quality indicators, including yolk color and Haugh units. The silage was produced from shrimp industry waste, promoting the sustainable use of fishery byproducts and their incorporation into poultry production systems. It was determined that the inclusion of biological silage can contribute positively to productive performance, egg quality and hen health, representing an economic alternative for poultry producers in the Tumbes region.

Keywords: biological silage, *Penaeus vannamei*, laying hens, egg production, egg quality, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

La producción avícola, en particular la de huevos, ha emergido como un pilar fundamental dentro de los sistemas agropecuarios del Perú, tanto por su contribución a la seguridad alimentaria como por su relevancia económica. En 2023, la producción nacional de huevo alcanzó 503 080 toneladas, lo que refleja un crecimiento sostenido en la última década del orden del 3,8 % anual (*Peru's egg production reached 503,080 tons in 2023*, s. f.). Este crecimiento evidencia que la avicultura de postura tiene un rol estratégico para abastecer proteína de origen animal accesible a la población.

En el contexto regional costero de Tumbes, la avicultura enfrenta una serie de retos particulares que afectan tanto la eficiencia como la rentabilidad de los sistemas productivos. Entre ellos destacan los costos crecientes de los ingredientes del alimento balanceado, la volatilidad del mercado de insumos y la competencia por recursos entre distintos sectores agropecuarios. En este sentido, la búsqueda de alternativas nutricionales innovadoras y económicamente viables se vuelve imperativa para mantener la competitividad de la producción avícola local.

Por otro lado, la industria pesquera y del procesamiento de descabezado del *Penaeus vannamei*, genera un volumen significativo de subproductos (cabezas, exoesqueletos, cáscaras) que, tradicionalmente, han tenido un aprovechamiento

limitado y han demandado mala disposición final generando problemas ambientales. (Ambrosio, 2004). Estudios recientes han resaltado que los residuos de la pesca representan una fuente de materia prima valiosa para la alimentación animal, al contener proteínas, lípidos y compuestos funcionales con alto valor nutricional (Coppola et al., 2021). Esta realidad abre un camino para la valorización de subproductos mediante procesos biotecnológicos, lo que simultáneamente responde a demandas productivas y ambientales (Gomes & Souza, 2020).

Una de las tecnologías emergentes más prometedoras en este ámbito es la elaboración de ensilado biológico a partir de residuos de origen marino, mediante la fermentación con bacterias ácido-lácticas se presenta como una técnica de conservación y aprovechamiento de estos residuos en la alimentación animal (Chiang et al., 2015; Fernández Herrero et al., 2017)

Este enfoque ha demostrado mejoras en estabilidad del material ensilado, digestibilidad de sus nutrientes y aprovechamiento como ingrediente alternativo en alimentación animal (Siddiqui et al., 2025). En el marco de la avicultura de postura, la incorporación de ingredientes derivados de mariscos o residuos pesqueros podría ofrecer ventajas competitivas: menor costo de alimento, mejor perfil nutricional y reducción del impacto ambiental, si bien requiere validación específica en cuanto a niveles de inclusión, efectos sobre productividad y calidad del huevo (Abasubong et al., 2025).

Por tanto, este estudio se plantea evaluar el efecto de la inclusión del ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*, fermentado con bacterias ácido-

lácticas nativas, en la dieta de gallinas ponedoras de la línea comercial Hy-Line Brown en Tumbes, Perú. Este enfoque busca aportar una alternativa nutricional sostenible, que contribuya a la optimización de los sistemas avícolas regionales y al mismo tiempo al aprovechamiento de residuos pesqueros, alineándose con principios de economía circular y desarrollo sostenible.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Avicultura en la Producción Animal

La avicultura se ha consolidado como una de las actividades pecuarias más dinámicas y eficientes a nivel mundial, gracias a su capacidad para convertir alimentos en proteína de alto valor biológico de manera más rápida que otras especies. Castro y colaboradores señalan que este sector conecta múltiples eslabones productivos y está en constante transformación para adaptarse a nuevos desafíos globales. (Castro et al., 2023).

A escala global, la producción avícola ha experimentado un crecimiento explosivo en las últimas décadas. Por ejemplo, entre 1970 y 2020, la producción mundial de carne de ave se incrementó de aproximadamente 15,1 millones a 137 millones de toneladas, lo que representa un aumento de alrededor del 808 % y evidencia la rápida expansión del sector (manejo & Hi-Brown, 2020). Este crecimiento está impulsado por el aumento poblacional, la urbanización y la creciente demanda de proteínas en países en desarrollo (Mottet & Tempio, 2017).

En los países de bajos y medianos ingresos, la avicultura de postura juega un papel fundamental en la seguridad alimentaria y como vía de ingreso para familias productoras. Según la Food and Agriculture Organization (FAO), el sector avícola es uno de los más flexibles dentro de la ganadería, ya que

permite generar empleo, producir alimentos de calidad y contribuir a la economía rural. (Poultry Development Review, 2013)

Por otro lado, la sostenibilidad de la producción avícola se ha convertido en un reto clave. Recientes análisis advierten que, a pesar de su eficiencia, el sector consume grandes cantidades de recursos naturales y enfrenta presiones ambientales y de bienestar animal (Hafez & Attia, 2020). En este contexto, el desarrollo de tecnologías nutricionales alternativas y la incorporación de subproductos de otras industrias (como la pesquera) presentan oportunidades para mejorar la eficiencia, reducir costos y mitigar impactos.

En regiones costeras como Tumbes, Perú, donde la avicultura y la industria pesquera coexisten, se presenta una oportunidad estratégica de integración: utilizar subproductos pesqueros como ingredientes alternativos en dietas de gallinas ponedoras, lo que podría potenciar la producción avícola y contribuir a la valorización y sostenibilidad de residuos industriales. En este sentido, el presente estudio cobra relevancia al proponer la evaluación del ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* como parte de una solución innovadora para la avicultura de postura.

2.2. Líneas Comerciales de Gallinas Ponedoras

La industria avícola comercial se apoya en el desarrollo genético de líneas especializadas para la producción de huevo, con características deseables

como alta persistencia de postura, buena conversión alimenticia, calidad del huevo y adaptabilidad a diferentes sistemas de crianza. Dentro de este grupo, la línea Hy-Line Brown ha logrado posicionarse como una de las más equilibradas en el mercado global debido a su combinación de rendimiento, eficiencia y calidad (manejo & Hi-Brown, 2020).

Según los estándares provistos por la misma empresa genética desarrolladora, una reproductora Hy-Line Brown puede alcanzar más de 480 huevos por ave hasta las 100 semanas de edad, con inicio temprano de postura, buena conversión alimenticia y excelente calidad de huevo interior (manejo & Hi-Brown, 2020). Estas características hacen que esta línea comercial sea adecuada para estudios que buscan alternativas nutricionales novedosas en sistemas de postura, dada su consistencia productiva y su uso frecuente en granjas comerciales.

Además, investigaciones independientes han demostrado que las gallinas Hy-Line Brown presentan buena adaptabilidad a variaciones nutricionales, como reducciones de fósforo en dietas suplementadas con fitasa, sin comprometer su desempeño productivo o calidad del huevo (Ren et al., 2020). Este rasgo de adaptabilidad las hace aptas para evaluaciones experimentales de ingredientes alternativos, como subproductos pesqueros fermentados, en dietas de puesta.

En el contexto del presente estudio, la elección de la línea Hy-Line Brown proporciona una base sólida para validar los efectos de la inclusión del ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*, permitiendo que cualquier diferencia observada en producción o calidad del huevo pueda atribuirse en mayor medida al tratamiento nutricional y disminuyendo la variabilidad genética.

2.3. Manejo de Gallinas Ponedoras

El manejo eficiente de las gallinas ponedoras es un componente fundamental para asegurar una producción sostenida y de calidad del huevo. Una gestión adecuada contempla factores como el ambiente de alojamiento, la alimentación, la ventilación, la iluminación, la disposición del espacio y los sistemas de salud aviar. Por ejemplo, el manual de la Universidad Estatal de Pennsylvania señala que las aves deberían ingresar al estado de postura alrededor de las 20 semanas de edad y mantener tasas de producción superiores al 60 % hasta las 80 semanas si el manejo es óptimo. (*Management of Laying Chickens - Poultry*, s. f.)

La iluminación juega un papel crítico en el estímulo de la postura. Las aves en producción deben recibir entre 14 y 16 h de luz diarias para mantener niveles productivos óptimos; una disminución de la fotoperiodicidad puede reducir el porcentaje de postura (Hertamawati et al., 2025). Por otra parte, el espacio por ave, la higiene del alojamiento, el acceso libre al alimento y al agua, y la

temperatura ambiente son todos elementos que inciden en la eficiencia del proceso productivo y en la calidad de vida de los animales. (manejo & Hi-Brown, 2020)

Asimismo, los sistemas modernos de producción están desarrollando estructuras alternativas como aviarios, producción en piso y sistemas de libre acceso al exterior, lo que exige una mayor especialización en la gestión del bienestar, bioseguridad y comportamiento de las aves. Estudios sobre producción libre de jaula muestran que gestionar el final del ciclo productivo también impacta decisivamente en la eficiencia del sistema: el momento del retiro del lote, la limpieza completa y la preparación de la nave para el siguiente ciclo pueden optimizar varios flujos de producción y reducir periodos ociosos. (Guía de manejo & Hi-Brown, 2020).

En consecuencia, en el marco del presente estudio es imprescindible un protocolo de manejo riguroso para la línea comercial Hy-Line Brown, asegurando condiciones que permitan evaluar con precisión los efectos del tratamiento experimental (ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* fermentado). Al mantener un nivel de manejo homogéneo y estándar, las diferencias observadas en producción o calidad del huevo podrán atribuirse con mayor fidelidad al ingrediente experimental y no a factores de manejo.

2.4. Nutrición y Alimentación Avícola

La nutrición representa uno de los pilares más críticos en la producción de gallinas ponedoras, dado que el alimento constituye aproximadamente el 60 % al 70 % de los costos totales de producción en sistemas comerciales. Estudios recientes indican que la formulación de dietas debe considerar no solo los requerimientos clásicos de energía, proteína, calcio y fósforo, sino también la interacción entre nutrientes, la digestibilidad de los ingredientes y la salud intestinal de las aves (da Nóbrega et al., 2022)

En las fases de postura, los requerimientos nutricionales varían en función de la edad de la gallina, la línea genética, el nivel de producción y las condiciones ambientales. Por ejemplo, los niveles de calcio, fósforo y la relación entre ambos son determinantes para mantener una calidad adecuada de la cáscara del huevo, prevenir osteoporosis en las aves y sostener la persistencia de postura (Attia et al., 2020),

Otra área emergente en la nutrición avícola es la inclusión de ingredientes no tradicionales y subproductos de otras industrias, con el objetivo de reducir costos y mejorar la sostenibilidad del sistema. La literatura muestra que ingredientes alternativos, formulados adecuadamente, pueden reemplazar parcial o totalmente fuentes convencionales de proteína o energía, sin detrimento del rendimiento productivo ni de la calidad del huevo (Abbas et al., 2021)

Finalmente, la formulación de dietas avanzadas incorpora tecnologías de nutrición de precisión, como la alimentación en fases divididas (split-feeding), el uso de aditivos funcionales (probióticos, enzimas, fitasa) y la optimización del perfil de aminoácidos digestibles para maximizar la eficiencia alimenticia y reducir el impacto ambiental de la producción avícola (Akter et al., 2025)

En el contexto del presente estudio, la dieta experimental que incluye ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* debe ser formulada bajo estas consideraciones de nutrición aviar moderna, garantizando que los demás nutrientes estén al nivel recomendado para la línea Hy-Line Brown y que la inclusión del ingrediente alternativo no provoque desequilibrio nutricional ni afecte la salud ni producción de las aves.

2.5. Subproducto: Cabeza de *Penaeus vannamei*

El camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) es una de las especies de mayor volumen en la acuicultura mundial, generando un importante flujo de subproductos a partir de su procesamiento industrial, entre los cuales destacan las cabezas, la cáscara y otros residuos de menor valor (Guía de manejo & Hi-Brown, 2020). Estos residuos pueden representar un porcentaje considerable del peso total del camarón procesado, constituyendo una fuente infravalorada de nutrientes y compuestos bioactivos.

Específicamente, las cabezas de *P. vannamei* han mostrado tener valores elevados de proteína bruta, minerales como calcio y fósforo, y pigmentos naturales como astaxantina, lo que les confiere un potencial significativo como ingrediente para alimentación animal (Khempaka et al., 2011). No obstante, su utilización se ve limitada por factores como el alto contenido de cenizas, la presencia de quitina y la necesidad de tratamientos adecuados para mejorar su digestibilidad y valor nutritivo (Eggink et al., 2025)

El aprovechamiento de estos residuos mediante procesos de valorización, como la fermentación, la hidrólisis o la transformación en harina de cabeza de camarón, representa una estrategia alineada con los principios de economía circular, al reducir el impacto ambiental y al mismo tiempo generar insumos alternativos para la alimentación animal (Hertamawati et al., 2025). En la avicultura de postura, la inclusión de ingredientes derivados de residuos de camarón podría contribuir a diversificar la fuente proteica, reducir el costo de la dieta y aportar compuestos funcionales que mejoren la calidad del huevo, siempre que se evalúen sus efectos sobre la producción, la calidad y la salud de las aves.

En el marco de este estudio, la elección de la cabeza de *P. vannamei* como materia prima para elaborar un ensilado biológico fermentado con bacterias ácido-lácticas nativas se justifica por su disponibilidad regional en Tumbes-Perú, su perfil nutricional atractivo y su relevancia para la sostenibilidad del sistema de producción avícola local.

2.6. Ensilado

Ensilado Químico

El ensilado químico es una técnica tradicional de conservación de residuos orgánicos que consiste en la adición de ácidos minerales u orgánicos (como ácido fórmico, ácido propiónico, cloruro de calcio) al material a ensilar. Este tratamiento reduce el pH rápidamente, inactiva microorganismos indeseables y estabiliza el producto. Sin embargo, presenta limitaciones tales como el costo de los aditivos, el impacto ambiental de residuos ácidos y la menor eficiencia de conservación frente a métodos modernos (Kuley et al., 2020). En el contexto de subproductos pesqueros, el ensilado químico ha sido usado para convertir cabezas de camarón y otros descartes en harina o silos ácidos, pero suele requerir pretratamientos, control estricto del pH y condiciones anaeróbicas para evitar pérdidas nutritivas y olores desagradables.

Ensilado Biológico

El ensilado biológico implica la fermentación controlada del material orgánico por bacterias ácido-lácticas (BAL), sin necesidad de grandes cantidades de aditivos químicos. Estas bacterias producen ácido láctico que reduce el pH, inhibe microorganismos de deterioro y mejora la conservación del sustrato, incrementando su digestibilidad y valor nutritivo (Okoye et al., 2023). Estudios recientes han demostrado que la fermentación biológica de residuos de pescado y mariscos permite obtener ingredientes alimenticios con buen perfil nutricional y estabilidad microbiológica, siendo viable para alimentación avícola. En este trabajo de tesis, la elaboración del ensilado biológico de

cabeza de *Penaeus vannamei* se basa en esta tecnología: se fermentarán cabezas trituradas con bacterias ácido-lácticas nativas, bajo condiciones controladas, para integrarlas en dietas de gallinas ponedoras y evaluar su efecto sobre la producción y calidad del huevo.

2.7. Bacterias Ácido-lácticas en Avicultura

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) constituyen un grupo funcional clave dentro de los sistemas de alimentación animal, gracias a sus efectos beneficiosos sobre la salud intestinal, la digestibilidad de nutrientes y la modulación del microbioma aviar. En estudios recientes, se ha observado que aislamientos de BAL del tracto digestivo de pollos presentaron tolerancia al ácido y a sales biliares, capacidad de adherencia a células epiteliales e inhibición de patógenos como *Clostridium perfringens* y *Salmonella* spp. (Sirisopapong et al., 2023)

En alimentación avícola, la inclusión de BAL como probióticos o como parte de ensilados fermentados se ha vinculado con mejoras en conversión alimenticia, aumento de la altura de vellosidades intestinales, reducción de patógenos gastrointestinales y menor excreción de microorganismos indeseables. Estos efectos contribuyen directamente a un mejor aprovechamiento de la dieta, mayor eficiencia productiva y mejor calidad del huevo (Naeem & Bourassa, 2025).

La acción de las BAL se fundamenta en múltiples mecanismos: (1) producción de ácidos orgánicos que bajan el pH intestinal y crean un ambiente hostil para patógenos; (2) síntesis de bacteriocinas y péptidos antimicrobianos que inhiben microorganismos competidores; (3) modulación de la respuesta inmune de las aves mediante estímulo de citocinas y linfocitos; y (4) mejora de la barrera intestinal a través de cambios en la expresión de genes de unión estrecha (tight-junction) y proliferación de microbiota beneficiosa (Sharma et al., 2022).

En el contexto del presente estudio, el uso de un ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* fermentado con bacterias ácido-lácticas nativas de las gallinas ponedoras permite integrar este componente microbiológico funcional al ingrediente experimental. De esta manera, se espera que estas BAL contribuyan no solo como conservantes del ensilado, sino también como promotores indirectos de salud intestinal, mayor absorción de nutrientes y mejor respuesta productiva en la línea Hy-Line Brown, lo cual es especialmente relevante para los sistemas de producción avícola de la región de Tumbes, Perú.

2.8. Composición Nutricional del Huevo

El huevo es un alimento de alta densidad nutricional, considerado como una de las fuentes más completas de proteína de origen animal y contiene tanto macro- como micronutrientes esenciales. Según (Réhault-Godbert et al.,

2019), el huevo de gallina proporciona proteínas de excelente calidad, vitaminas liposolubles (A, D, E, K), vitaminas del complejo B, minerales como fósforo, hierro, zinc y selenio, además de compuestos bioactivos emergentes que están siendo investigados por su potencial funcional en la salud humana.

En su parte líquida, la yema representa aproximadamente un tercio del peso total del huevo, pero contiene alrededor de tres cuartas partes de las calorías, todos los lípidos solubles en grasa, colina, luteína y zeaxantina; mientras que la clara aporta más de la mitad de la proteína del huevo, con muy bajo contenido lipídico (W. Guo et al., 2022).

La calidad tanto interna como externa del huevo —es decir, la integridad y grosor de la cáscara, la altura del albúmen, el tamaño de la yema, la viscosidad de la clara— son indicadores clave de su valor comercial y nutricional. Según (*Internal and External Egg Quality - Optimum Egg Quality*, s. f.) la calidad interna y externa se determina por atributos como la forma, textura y limpieza de la cáscara, la viscosidad del albúmen, índice de Haugh y el color de la yema, los cuales pueden verse afectados por la alimentación, la edad de la gallina y las condiciones de almacenamiento.

Dado este perfil nutricional altamente valorado, la incorporación de un ingrediente alimenticio alternativo como el ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* en la dieta de gallinas ponedoras podría tener impactos directos no solo en la producción del huevo, sino también en aspectos como

su composición interna (proteínas, lípidos, minerales) y calidad externa (cáscara, tamaño, color). Por lo tanto, resulta pertinente medir estos efectos en el presente estudio para evaluar la viabilidad del ingrediente alternativo.

Indicadores de Calidad del Huevo

La calidad del huevo se evalúa mediante parámetros externos como el grosor de la cáscara, integridad, limpieza y forma, y parámetros internos como la altura del albúmen, el índice de Haugh y el color de la yema. Estos indicadores permiten valorar tanto la comercialización del huevo como su aptitud de consumo (Roberts, 2004).

El grosor de la cáscara es un factor crítico: una cáscara fina o frágil incrementa la incidencia de roturas durante transporte y almacenamiento, afectando directamente la rentabilidad del sistema productivo. Se ha determinado que factores como la edad de la gallina, su genética y la alimentación impactan significativamente en el grosor y resistencia de la cáscara (Roberts, 2004).

El índice de Haugh (HU) constituye una medida ampliamente reconocida para evaluar la calidad interna del huevo, calculado mediante el peso del huevo y la altura del albúmen; un valor HU elevado se asocia con albúmen más alto, indicativo de frescura y buena calidad (Roberts, 2004).

El color de la yema, medido mediante escala Roche o sistema CIELab, es también un factor clave de calidad para el consumidor. Un tono más intenso

suele relacionarse con mayor valor percibido. Este atributo está influenciado por la dieta de la gallina, su salud intestinal y la concentración de pigmentos alimentarios (Dvořák et al., 2007)

En el presente estudio, los indicadores seleccionados para evaluar la calidad del huevo serán: grosor de la cáscara, unidades Haugh y color de la yema, ya que estos parámetros reflejan tanto la integridad estructural del huevo como su calidad nutricional y aceptación comercial. Estos valores permitirán determinar si la inclusión del ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* en la dieta de gallinas ponedoras Hy-Line Brown afecta de manera significativa la calidad del producto final.

2.9. Parámetros productivos en gallinas ponedoras

En la producción avícola comercial, los parámetros productivos son esenciales para evaluar el desempeño de las gallinas ponedoras y la eficiencia del sistema de alimentación. Entre estos, los más utilizados son la producción de huevos por ave alojada, el peso del huevo y la conversión alimenticia (CA), que relaciona el alimento consumido con la cantidad de huevo producido (manejo & Hi-Brown, 2020).

La producción de huevos puede verse afectada por múltiples factores como genética, nutrición, sanidad, edad y condiciones ambientales del galpón. Por ejemplo, los valores reportados más recientes muestran que en los Estados

Unidos la producción de huevos representó un valor de mercado de 21.0 mil millones de dólares en 2024, lo que subraya la magnitud de la industria y la necesidad de optimización de los parámetros productivos (*Poultry & Eggs - Sector at a Glance | Economic Research Service*, s. f.). El peso del huevo incrementa gradualmente con la edad de la gallina y también está influenciado por el perfil proteico del alimento, el aporte de aminoácidos esenciales y factores ambientales. Algunos estudios muestran que las dietas con proteína balanceada afectan el peso del huevo, la producción acumulada y la composición corporal de las gallinas (da Nóbrega et al., 2022)

La conversión alimenticia es uno de los principales indicadores de eficiencia productiva, ya que refleja cuántos kilos de alimento se requieren para producir un kilo de huevo. La inclusión de ingredientes funcionales como probióticos, enzimas o ensilados fermentados ha demostrado mejorar la absorción de nutrientes y reducir este consumo de alimento por unidad de producto (da Nóbrega et al., 2022).

En el contexto del presente estudio, estos tres indicadores se medirán semanalmente para determinar el efecto de la incorporación del ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* en la dieta de gallinas ponedoras de la línea Hy-Line Brown en Tumbes, Perú.

ANTECEDENTES

2.10. Antecedentes Internacionales

En los últimos años, se ha intensificado la investigación sobre la valorización de residuos acuícolas como ingredientes alternativos en la alimentación avícola, aprovechando sus componentes de alto valor nutricional y funcional (Eggink et al., 2025). Adicionalmente, la industria mundial de producción de camarón genera cantidades crecientes de subproductos —incluyendo cabezas, exoesqueletos y órganos internos— cuyas características nutricionales les confieren un potencial significativo para la alimentación de aves ponedoras y broilers (Abun et al., 2023)

Un estudio específico realizado por (Onbaşılar et al., 2025) evaluó la inclusión de residuos de camarón en dietas de broilers y reportó mejoras en la morfología intestinal, rendimiento productivo y parámetros de calidad del carcasa, lo que subraya la viabilidad del uso de este tipo de subproductos en alimentación avícola (Onbaşılar et al., 2025). En el ámbito de ponedoras, la investigación de (Abun et al., 2023) sobre extractos de residuos fermentados de camarón en dietas de gallinas demostró que incluso pequeñas inclusiones (1-2 %) pueden mejorar la energía metabolizable y retención de nitrógeno, lo cual puede transferirse en mejoras en producción y calidad del huevo (Abun et al., 2023).

Adicionalmente, el trabajo de (Islam & Peñarubia, 2021) en Bangladesh demostró que el silaje de residuos de pescado y camarón puede reemplazar entre un 20 y 75 % del pescado harinado en dietas de animales de producción, lo que abre la posibilidad de reemplazo significativo de ingredientes convencionales en alimentación animal a nivel mundial (Islam & Peñarubia, 2021). Estos hallazgos señalan no solo la factibilidad técnica, sino también la relevancia medioambiental y económica de estas tecnologías de transformación de residuos.

Todos estos estudios internacionales convergen en una conclusión relevante para el presente trabajo: la incorporación de subproductos de camarón, ya sea en forma de harina, extracto o silaje, presenta una alternativa real para la avicultura de postura, siempre que se analice cuidadosamente su efecto en los parámetros de producción, calidad del huevo y salud del ave. Por tanto, la evaluación del uso de ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* en gallinas ponedoras de la línea Hy-Line Brown en Tumbes, Perú, se inserta dentro de esta tendencia global y refuerza su pertinencia científica.

2.11. Antecedentes Nacionales

En el Perú, la valorización de residuos pesqueros mediante procesos de ensilado ha sido objeto de interés tanto en la investigación académica como en iniciativas técnicas, dado su potencial para generar insumos proteicos alternativos y reducir el impacto ambiental de las plantas procesadoras.

Estudios realizados en el país han descrito protocolos de ensilado biológico aplicados a cabezas de langostino y residuos de pescado, demostrando su factibilidad técnica y un perfil nutricional adecuado para la inclusión en dietas animales (Castillo García et al., 2019).

A nivel regional, la Universidad Nacional de Tumbes registró un trabajo de tesis que resulta particularmente relevante para la presente investigación. (Zapata Guerra, 2023) desarrolló y evaluó un ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* fermentado con bacterias nativas, aplicándolo en la producción de pollos de engorde en Tumbes; su trabajo documenta protocolos de preparación del ensilado, características bromatológicas del producto y efectos productivos en aves, constituyendo un antecedente directo y local de alto valor para nuestra tesis.

Además, repositorios y trabajos de grado de distintas universidades peruanas han explorado métodos de obtención y evaluación de ensilados a partir de residuos hidrobiológicos, describiendo aspectos críticos del proceso (sustratos, inóculos microbianos, control de pH, aditivos como melaza o polvillo de arroz) y su impacto sobre la estabilidad y la calidad nutritiva del ensilado (Raeesi et al., 2021), lo cual provee soporte metodológico y comparativo para la elaboración del ensilado biológico de cabezas de *P. vannamei* que se propone en este estudio.

Los documentos técnicos y guías del Instituto Tecnológico de la Producción (ITP) y del Ministerio de la Producción (PRODUCE) también han promovido la valorización de subproductos marinos como una medida de manejo de residuos y generación de valor agregado, señalando que los ensilados representan una alternativa viable para convertir desechos de procesamiento en insumos destinados a la alimentación animal y acuícola en el Perú. Estas guías aportan criterios sanitarios y operativos que se han tomado en cuenta para diseñar protocolos de elaboración y evaluación del ensilado en condiciones locales (Durand Ordiales & Arenazas Rodríguez, 2020)

Por último, diversas tesis y trabajos universitarios en Perú han evidenciado que la inclusión de ensilados de residuos marinos puede integrarse en las raciones de distintas especies productivas (pollos parrilleros, cerdos, incluso aves de postura en experimentos preliminares), con niveles de inclusión y tratamientos previos que influyen decisivamente en la digestibilidad, la palatabilidad y los efectos sobre parámetros productivos (harinas y ensilados de crustáceos; diseños experimentales con niveles de 0, 10, 15 y 20 %). Este cuerpo de literatura nacional sustenta la factibilidad técnica y la pertinencia de evaluar a fondo el ensilado biológico de cabeza de *P. vannamei* en gallinas ponedoras Hy-Line Brown en Tumbes, permitiendo comparar resultados y adaptar protocolos a condiciones productivas locales (Mogollón et al., 2025).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El estudio se llevó a cabo en uno de los galpones de aves del Centro Pecuario, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes.

Ubicación política

Distrito: Corrales

Provincia: Tumbes

Departamento: Tumbes

Coordenadas geográficas

Latitud: 3° 35' 21.1" Sur

Longitud: 80° 30' 04.6" Oeste

Altitud: 5 m s. n. m.

Coordenadas UTM

Norte: 9602990

Este: 555074

Zona: 17M

3.2. Materiales, equipos, herramientas e insumos

3.2.1. Tipo de muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico con gallinas Hy-Line Brown sanas. Se seleccionaron 40 ejemplares de 20 semanas de edad, con pesos vivos homogéneos entre sí. Cada gallina fue pesada y posteriormente ordenada de manera consecutiva de mayor a menor peso. A partir de esta clasificación, se conformaron cuatro grupos: del 1 al 10, del 11 al 20, del 21 al 30 y del 31 al 40.

Para la asignación de tratamientos, se seleccionó aleatoriamente un individuo de cada grupo, obteniéndose un total de 10 gallinas con peso promedio equivalente. Los datos se registraron de manera individual para cada unidad experimental, considerando el tratamiento asignado y la repetición correspondiente.

3.2.2. Instrumentos Utilizados

Se registraron y analizaron los siguientes parámetros:

Peso corporal: Se registraron los pesos individuales por tratamiento y repetición, desde el peso inicial hasta el final del experimento, considerando incrementos semanales.

Consumo de alimento: Se determinó el consumo diario de alimento por tratamiento y repetición, registrando tanto la cantidad proporcionada como el alimento no consumido.

Digestibilidad: Se evaluó la digestibilidad por tratamiento, considerando el consumo de alimento y la eliminación de excretas, ambos expresados en materia seca.

Rendimiento de carcasa y órganos: Se determinó el rendimiento total de la carcasa y de los principales órganos.

Valoración económica: La rentabilidad se evaluó considerando el índice de conversión alimenticia, comparando el consumo de alimento y el peso de huevo, valorizados en soles.

Morfología intestinal: Se realizó la comparación de las vellosidades intestinales entre tratamientos.

3.2.3. MATERIALES

Material biológico:

- 40 gallinas Hy-Line Brown.
- Cepas de bacterias ácido-lácticas (se utilizó el *L. brevis*)

Material de escritorio:

Borrador, lápiz, tajador, cuaderno tamaño oficio de 90 hojas, libreta de campo, papel bond A4 de 80 g, CD regrabable, rótulos.

Otros materiales:

Aguarrás, brocha, cable mellizo, enchufe, escoba, hoja de lija N° 120, listones de madera de 1" x 1" x 4.0 m, pajilla de arroz, pilas alcalinas AA, pintura

esmalte, anticorrosivo, rafia, sacos, sócate, manta arpillera, malla de plástico, cuchara de palo.

3.2.4. Equipos Utilizados

Balanzas: analítica. balanza gramera y plataforma electrónica, bebederos tipo BB, comederos: canaleta y tolva, cámara digital, computadora equipada, marca LG. Iluminación: focos de 100 W, mochila fumigadora, jaulas metálicas, tanques de plástico, coladores y ollas, cocina artesanal.

3.2.5. Herramientas Utilizadas

Agujetas, arco de sierra, carretilla, clavos de ½" y 1", cuchilla tipo navaja, hoja de gillette, hoja de sierra, desarmador doble, martillo y palanas, malla metálica de 0,9 m x 30,0 m, wincha metálica de 5,0 m.

3.2.6. Insumos Utilizados

Agua y alimentos: agua potable, alimento balanceado inicio (20 % proteína), alimento de crecimiento, torta de soya, maíz, conchuela, harina de soya, melaza, sal común, sal mineral.

Suplementos y aditivos: complejo B, coccidiostato, lactobacilos (yogur).

Antimicrobianos y vacunas: antibióticos, vacuna contra Newcastle.

Otros insumos: azúcar rubia, cal, cabeza de langostino, lejía.

3.3. Procedimiento metodológico

3.3.1. Acciones previas a la crianza

Antes de la llegada de las gallinas Hy-Line Brown, se realizó una limpieza y desinfección exhaustiva del galpón, de los comederos y bebederos, así como de todos los equipos e instrumentos que serían utilizados durante la crianza. Se verificó que las instalaciones estuvieran secas y correctamente ventiladas, garantizando un ambiente seguro y adecuado para la introducción de los animales. Estas acciones permiten un manejo óptimo del microclima, contribuyen al bienestar de las gallinas y reducen el riesgo de enfermedades. (manejo & Hi-Brown, 2020).

3.3.2. Acondicionamiento del galpón

Una semana antes, previo a la instalación de las gallinas Hy-Line Brown, se efectuó una limpieza general del galpón. Las paredes y el piso fueron desinfectados utilizando amonio cuaternario, y se colocaron mantas de arpillera en el perímetro del corral para evitar corrientes de aire directo. La densidad poblacional se determinó siguiendo referencias bibliográficas sobre espacio por individuo, considerando 1 aves por m² en piso. Para la fase experimental, se adecuo un corral de 40 m², con capacidad suficiente para 40 gallinas en piso, dividiendo 4 espacios (4 m x 2,5 m). Dentro del corral se colocó un bebedero y un comedero tipo tolva en su respectivo tratamiento y selecciono una gallina en jaula por tratamiento para facilitar la recolección de

las heces y evaluar el ICA. Las dimensiones del corral fueron de 4,0 m de largo por 2,5 m de ancho.

3.3.3. Crianza de las gallinas por semanas

La fase experimental comenzó a partir de 20 semanas de vida de las gallinas Hy-Line Brown, considerando las actividades de manejo, alimentación y registro de datos.

Se realizó el pesaje inicial de las gallinas y su distribución aleatoria en los diferentes tratamientos, así como el control de alimento y excretas. Se pesaron las 40 gallinas seleccionadas del lote de 100 adquiridas por el C.P.P. de la F.C.A. Se colocaron 10 gallinas por corral (10 m²), con un comedero y un bebedero tipo tolva, empleando un total de 4 comederos y 4 bebederos para todo el grupo. Se realizó lavado y desinfección diaria de comederos y bebederos, y se verificó el consumo de alimento, empleándose una dieta base con 16.5 % de proteína.

Durante estas semanas se realizó el pesaje semanal de cada gallina por unidad experimental, continuando con el manejo del corral, comederos y bebederos. Se verificó y registró diariamente el consumo de alimento. No se reportaron mortalidades. Se manejaron las cortinas para regular la ventilación, para evitar corrientes de aire frío directo por las noches.

Se continuó con la limpieza diaria de bebederos y comederos, y con el registro del consumo de alimento. No se reportaron mortalidades.

Se efectuó el pesaje y medida individual diario de la producción de huevos, junto con el control del corral, comederos y bebederos, y el registro del consumo de alimento, se tomaron los pesos de consumo de alimento hasta la finalización de la fase experimental.

3.3.4. Procedimiento metodológico del ensilado

La metodología empleada para la preparación del ensilado biológico de residuos de *Penaeus vannamei* se realizó siguiendo el procedimiento descrito por (Peña García et al., 2020), adaptado para su utilización en la alimentación de gallinas Hy-Line Brown.

Acopio y preparación de la materia prima: Se recolectaron los residuos de langostino y se preparó la solución madre utilizando yogurt con cepa nativa.

Elaboración del ensilado biológico: Los residuos fueron sometidos a cocción, mezclado e incubación, obteniéndose el ensilado final listo y posterior molienda para su administración.

Caracterización química: Se realizaron análisis para determinar las propiedades nutricionales y de fermentación del ensilado, asegurando su idoneidad como suplemento en la dieta de las gallinas. *Ver anexo C*

Obtención de cepa fermentadora

La cepa nativa utilizada en la fermentación fue obtenida del cepario del centro de proyectos de investigación de la FCA, la cual cuenta con bacterias previamente evaluadas bioquímicamente y caracterizadas genéticamente, garantizando un proceso controlado y seguro para el consumo aviar.

Se utilizó el *L. brevis* como fermentador se ha utilizado como probiótico se han utilizado en la elaboración de yogur con un alto contenido de antioxidantes y capacidad fermentativa (Feng et al., 2017; Kariyawasam et al., 2021). El *L. brevis* ATCC 8287 se ha empleado como probiótico en aves (Betancur et al., 2020). Estas aplicaciones sugieren que el *L. brevis* tiene un gran potencial y podría considerarse como una opción prometedora en la preparación de productos relacionados con la alimentación y la salud.

3.3.5. Análisis químico del ensilado biológico

Para determinar la composición nutricional del ensilado biológico (EB) de residuos de *Penaeus vannamei*, (tabla 4), se tomaron muestras que fueron enviadas al laboratorio de Veterinaria y zootecnia de FCA para su análisis de grasa y ceniza y proteína a la UNALM. Este análisis permitió conocer la composición química del ensilado en base seca (tabla 1), tanto al inicio como al final de su almacenamiento, asegurando la idoneidad del producto como suplemento en la alimentación de gallinas Hy-Line Brown en postura.

3.3.6. Preparación de las dietas

Para la preparación de las cuatro dietas experimentales se utilizó como base una dieta (tabla 1) formulada al 16.5 % de proteína, (tabla 1 y 2) a la cual se incorporaron distintos niveles de ensilado biológico (EB) de residuos de *Penaeus vannamei*, según cada tratamiento, para alimentar gallinas Hy-Line Brown en fase de postura. Los contenidos proteicos de las dietas fueron calculados de manera teórica utilizando el método del tanteo, ajustado mediante el cuadrado de Pearson compuesto. La dieta base se elaboró con insumos comerciales locales y se utilizó como referencia bromatológica para ajustar las dietas experimentales.

Tabla 1 *Ingredientes de dieta base utilizada*

Insumo	0% EB
Grano de Maíz	64.22
H. Soja, solvente	27.52
Concha de Ostra	5.50
Sal común	0.44
Pre mezcla Mineral	1.83
Pre mezcla vitamina	0.44
H. de ensilado de res. De langostino (% MS)	0.00
Total	100

Cada dieta experimental se ajustó al requerimiento real del estudio luego de los análisis bromatológicos de las materias primas. La dieta testigo (T0) correspondió a la dieta base sin adición de ensilado biológico, mientras que las dietas experimentales se formularon con 10 % (T1), 15 % (T2) y 20 % (T3) de EB. Ver tabla 2.

Tabla 2 *Composición de los tratamientos*

Factor	Niveles	Clave
Dietas Fase experimental	Dieta Base (16.5 % proteína)	T0
	Dieta Base + 10 % EB	T1
	Dieta Base + 15 % EB	T2
	Dieta Base + 20 % EB	T3

Características físico, químicas del alimento

En la tabla 3 y 4 se observan se muestra los resultados de la composición del alimento para gallinas los cuales son similares a los resultados de (Abelti, 2018) donde el contenido de proteína fue de 16.08%, 2.78 Mcal de energía metabolizable. La composición de los alimentos deshidratados como producto, se ajusta a los requerimientos nutricionales y energéticos necesarios en gallinas, 16% de proteína, el contenido de cenizas es alto, uso de maíz y soya como base (Abraham et al., 2023).

Tabla 3 Composición química de la dieta base

Nutriente	Unidades	EB 100%
Humedad	gr/100 gr	13.94
Cenizas	gr/100 gr	16.89
Grasas	gr/100 gr	4.79
Proteínas	gr/100 gr x 6.25	34.39
fibra Cruda	gr/100 gr	5.98

1 NTP 209 019.1976 (revisada el 2014) ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES. Métodos de ensayo 3.2.

2 NTP 209 019 1976 (revisada el 2014). ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES Métodos de ensayo 3.6.

3 NTP 209 019 1976 (revisada el 2014). ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES. Métodos de ensayo 3.4.

4. AOAC 2001.11.2023. Protein (Crude) in Animal Feed. Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds Block Digestion Method Using Copper Catalyst and Steam Distillation into Borric Acid.

Tabla 4 Composición química de la dieta base con la adición de ensilado

Ingredientes	T0(0% EB)	T1(10% EB)	T2(15% EB)	T3(20% EB)
Alimento base (16% proteína)	100.00	90.91	86.96	83.33
EB de langostino (M/S)	00.00	9.09	13.04	16.67
Proteína total (%)	16.5	16.58	16.76	16.83
Costo (soles)	1.89	1.78	1.74	01.69
Total kg	100.00	100.0	100.00	100.00

Se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) para los cuatro tratamientos con sus respectivas repeticiones. Para validar los resultados se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango de Tukey al 5 % de significancia. Los datos se presentaron mediante tablas e histogramas utilizando el software Minitab.

El modelo lineal aditivo empleado fue:

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

Dónde:

- Y_{ij} = valor observado del i-ésimo tratamiento.
- μ = efecto de la media general.
- T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.
- ε_{ij} = efecto del error experimental.

Tabla 5 Esquema del análisis de varianza

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FO	F5%
Tratamientos	3				
Error	1466				
Total	1469				

3.4. Variables experimentales

3.4.1. Peso del huevo en la etapa de postura

El peso de los huevos de las gallinas Hy-Line Brown se determinó diariamente, evaluándose por tratamiento y repetición. Además, se registraron los pesos de manera semanal. Los resultados se expresaron en kilogramos por ave.

3.4.2. Consumo de alimento en la etapa de postura

El consumo de alimento se calculó sumando los consumos diarios registrados para cada ave, evaluándose por tratamiento y repetición. Los datos se presentaron de forma individual, semanal y total, expresados en kilogramos.

3.4.3. Índice de conversión alimenticia (ICA) del huevo

El índice de conversión alimenticia (ICA) se determinó dividiendo el consumo total de alimento durante la fase experimental entre la ganancia de peso de huevos obtenida en el mismo período. La evaluación se realizó de forma diaria, semanal y acumulada, expresándose numéricamente:

$$ICA = \frac{CA}{GP}$$

Donde:

- *CA*= consumo de alimento (kg)
- *GP*= ganancia de peso de huevos (kg)

3.4.4. Mérito económico (ME)

El mérito económico se calculó como la relación entre los costos de alimentación valorizados en soles y el ingreso generado por la producción de los huevos (huevos), también expresado en soles:

$$ME = \frac{VWF - VWCA}{VWCA} \times 100$$

Dónde:

- *ME*= mérito económico (%)
- *VWF*= ingreso por venta de producto (\$)

- $VWCA$ = gasto en alimentación (\$)

Digestibilidad aparente

La digestibilidad aparente se definió como la proporción del alimento ingerido que no se elimina en las excretas. Se calcula mediante la materia seca consumida y la excretada, expresándose en porcentaje:

$$DA = \frac{WA - WE}{WA} \times 100$$

Donde:

- DA = digestibilidad aparente (%)
- WA = peso del alimento en materia seca
- WE = peso de las excretas en materia seca

3.4.5. Longitud de las vellosidades intestinales

La longitud de las vellosidades intestinales se utilizó como indicador indirecto de la eficiencia de absorción de nutrientes. Se empleó la tinción hematoxilina-eosina (H&E) para observar la estructura de las vellosidades. La hematoxilina tiñe de violeta los ribosomas y la cromatina, mientras que la eosina tiñe de rosa el citoplasma, permitiendo evaluar la forma y estructura celular. Aunque no existe un método estandarizado para medir la longitud exacta de las vellosidades, se midió cada tercio del intestino como parámetro representativo de la salud intestinal y capacidad de absorción de nutrientes, lo que influye directamente en la conversión alimenticia de las gallinas Hy-Line Brown en postura.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Viabilidad del ensilado biológico y presencia de la bacteria fermentativa

4.1.1. Evaluación de pH, Acidez y microbiológica del ensilado

La evaluación de la viabilidad del ensilado biológico (EB) puede basarse en la medición del pH y la acidez titulable, los valores de pH por debajo de 4.6 y el porcentaje de acidez titulable por encima de 2.5% (Safari et al., 2022), según las referencias, proporciona una evaluación adecuada de su idoneidad e inocuidad, el manteniendo valores adecuados para su uso fue a partir del quinto día de fermentación y se mantuvo hasta el día 30 de evaluación (Guimarães et al., 2025).

Se mantienen estable hasta el día 30. El recuento de BAL fue de 2.3×10^7 UFC/mL al día 15, y no se detectó la presencia de *Salmonella* spp. El análisis químico mostró que el EB contenía 34.39% de proteína y 4.79% de grasa en base seca.

4.2. Análisis de químico del EB

El contenido de proteína (tabla 6), se mantuvo semejante a otros autores, entre 30% a 45 % en base seca %, (Castillo García et al., 2019) y 23%, en fresco donde el valor depende de la materia prima utilizada, como se ha señalado en investigaciones previas (Espe & Lied, 1999; Fernández Herrero

et al., 2017). Se ha observado que el proceso de ensilado biológico (EB) no influye en el contenido de proteínas, como lo respaldan estudios previos (Calderón-Quispe et al., 2017), y se ha demostrado que el EB preserva su valor nutricional (Guimarães et al., 2021).

Muestra un perfil nutricional altamente competitivo frente a los ensilados marinos reportados en la literatura. El contenido de proteína cruda (41.87%) en base seca se encuentra dentro del rango descrito para ensilados de residuos de pescado y crustáceos, los cuales típicamente oscilan entre 38% y 50% de proteína tras la hidrólisis enzimática y fermentativa. Estudios como los de (Shabani et al., 2019, 2021) destacan que la fermentación ácida favorece la solubilización de proteínas y la formación de péptidos de bajo peso molecular, mejorando su biodisponibilidad en monogástricos, lo cual respalda el potencial del EB como fuente de proteína funcional en dietas de gallinas ponedoras.

El contenido graso (8.17%) es similar a otras fuentes marinas ricas en ácidos grasos poliinsaturados, los cuales favorecen la digestibilidad energética y modulan positivamente el microbiota intestinal (L. Guo et al., 2021a). La fibra cruda (12.13%), atribuida a quitina y componentes estructurales, coincide con estudios que señalan que fibras no digeribles de origen marino pueden estimular la morfología intestinal y aumentar la superficie absorbente (Fileto et al., 2024) (Guimarães et al., 2025). El nivel de cenizas (14.70%) es característico de subproductos marinos y aporta minerales esenciales sin exceder parámetros nutricionales recomendados, según lo descrito por

(Alizadeh-Ghamsari et al., 2023). En conjunto, el EB elaborado presenta calidad nutricional adecuada y potencial funcional para mejorar salud intestinal y desempeño productivo en gallinas ponedoras, reforzando su viabilidad como ingrediente alternativo y sostenible en dietas avícolas.

Tabla 6 Composición química del EB en base seca.

MS Ensilado	Proteína a %	Grasa a %	Fibra cruda %	Cenizas a %	ELN %
91.41	41.87	8.17	12.13	14.70	12.43

1 NTP 209 019.1976 (revisada el 2014) ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES. Métodos de ensayo 3.2.

2 NTP 209 019 1976 (revisada el 2014). ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES Métodos de ensayo 3.6.

3 NTP 209 019 1976 (revisada el 2014). ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES. Métodos de ensayo 3.4.

4. AOAC 2001.11.2023. Protein (Crude) in Animal Feed. Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds Block Digestion Method Using Copper Catalyst and Steam Distillation into Borric Acid.

5 AOCS - BA 6 84. 7ma Edition 2017 Crude Fiber in Oilseed By - Products

4.3. Productividad de las gallinas

4.3.1. Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento

Los resultados obtenidos para las variables morfométricas del huevo (peso, longitud y diámetro) (tabla 7 y figura 1), muestran que la inclusión del ensilado biológico elaborado con cabeza de *Penaeus vannamei* fermentado con bacterias nativas de gallina produjo respuestas diferenciadas según el nivel de inclusión evaluado. El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para el peso y la longitud del huevo,

mientras que el diámetro no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos.

4.3.2. Peso del huevo y longitud

La prueba de Tukey mostró que el grupo control (T0), en la tabla 9, registró el mayor peso y longitud del huevo, siendo estadísticamente superior a todos los tratamientos con ensilado biológico. Esto sugiere que la inclusión del ensilado puede haber modificado levemente el balance energético-proteico de la dieta, reduciendo marginalmente el tamaño del huevo. Sin embargo, los valores obtenidos en T1–T3 permanecen dentro de los rangos productivos normales para gallinas comerciales, por lo que la calidad del huevo no se ve comprometida. Estudios previos indican que dietas suplementadas con ensilados biológicos o proteínas fermentadas pueden reducir ligeramente el peso y longitud del huevo debido a cambios en la digestibilidad, el perfil de aminoácidos y el destino metabólico de los nutrientes (Rahman et al., 2020; Farran et al., 2019; González et al., 2021; Widjastuti et al., 2023).

La evidencia metagenómica reciente respalda estos resultados, mostrando que la suplementación con ensilado biológico de residuos de langostino puede mejorar la salud intestinal al incrementar bacterias benéficas como *Lactobacillus* y *Bacteroides* y reducir grupos potencialmente perjudiciales como *Erysipelotrichia* o *Helicobacteraceae*, favoreciendo el ambiente intestinal y la absorción de nutrientes (Mogollón et al., 2025; Mebratu et al., 2022; Abun et al., 2025) Aunque la fermentación mejora la fraccionación de

proteínas y lípidos, niveles elevados de inclusión pueden alterar la energía metabolizable si la dieta basal no se ajusta adecuadamente. En conjunto, los resultados indican que el ensilado biológico es funcional y promueve un microbiota beneficioso, pero puede generar un discreto descenso en el tamaño del huevo a mayores niveles de inclusión sin afectar la calidad comercial ni el desempeño global de las gallinas ponedoras. locales (Mogollón et al., 2025; Mebratu et al., 2022; Abun et al., 2025).

4.3.3. Diámetro del huevo

Aunque el ANOVA no mostró diferencias significativas, (tabla 8), el diámetro del huevo presentó un rango muy estrecho (4.22–4.36 cm) y permaneció en un mismo grupo estadístico, lo que confirma que esta variable es poco sensible a cambios dietéticos, tal como reportan Yildiz et al. (2020) y (Abun et al., 2023). La inclusión del ensilado biológico de cabeza de *P. vannamei* influyó moderadamente en el tamaño del huevo, afectando principalmente el peso y la longitud, pero sin impacto negativo sobre el diámetro ni sobre la calidad comercial. Estos efectos se deben posiblemente a ajustes en el balance energético-proteico, a la alta digestibilidad del ensilado (Mebratu et al., 2022) a modificaciones del metabolismo lipoproteico (Farran et al., 2019) y a un efecto dependiente de la dosis. Aun así, todas las dimensiones del huevo se mantuvieron dentro de rangos productivos normales, respaldando al ensilado como un insumo proteico viable y sostenible dentro de estrategias de economía circular en avicultura (García-Fajardo et al., 2023). reportado Yildiz et al. (2020) y (Abun et al., 2023) quienes observaron

que cambios en la dieta afectan más al peso y a la longitud que al diámetro, debido a la estabilidad del eje transversal del huevo durante la ovoposición.

Metabolismo lipoproteico, fundamental en la formación del vitelo, que puede verse alterado por la inclusión de materiales fermentados ricos en lípidos y compuestos nitrogenados (Farran et al., 2019).

Efecto dosis-dependiente, donde mayores niveles del ensilado tienden a reducir ligeramente las dimensiones del huevo.

A pesar de estas diferencias, todas las variables evaluadas se mantienen dentro de parámetros productivos aceptables para gallinas ponedoras en explotación comercial, lo que indica que el ensilado biológico es una alternativa viable como insumo proteico, con potencial de reducir costos de alimentación y aprovechar residuos pesqueros, tal como indican estudios recientes sobre economía circular aplicada a la avicultura (García-Fajardo et al., 2023).

Tabla 7 *Medias del peso, longitud y diámetro de huevos de gallinas alimentadas con EB*

Término	Peso	Longitud	Diámetro
Tratamiento			
T0	59.60 A	5.652 A	4.278 A
T3	57.856 B	5.548 BC	4.361 A
T2	57.708 B	5.543 C	4.230 A
T1	57.322 B	5.584 B	4.224 A

Tabla 8 Análisis de Varianza peso, longitud y diámetro de huevos de gallinas alimentadas con EB

Fuente	GL	Valor p peso	Valor p Longitud	Valor p diametro
TTO	3	0.000	0.000	0.251
Error	1466			
Total	1469			

Tabla 9 Prueba de comparación Tukey y una confianza de 95% para los pesos de los huevos de los tratamientos

Factor	Peso (g)	postura (%)	Masa producida (g)
T0	59.60 A	82.39 B	4910.22
T1	57.86 B	94.60 A	5473.31
T2	57.71 B	89.90 A	5188.17
T3	57.32 B	90.77 A	5183.75

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Los resultados muestran que, aunque el peso individual del huevo disminuyó ligeramente en los tratamientos con ensilado (T1–T3) respecto al control (T0), el porcentaje de postura fue mayor, especialmente en T1, lo que permitió obtener una mayor masa total de huevo. Esto indica que el ensilado no afecta negativamente la productividad y, en dosis moderadas, incluso mejora el rendimiento global. Este patrón coincide con estudios donde subproductos marinos fermentados incrementan la tasa de postura sin comprometer la calidad del huevo (Wu et al., 2025; Toyos-Vargas et al., 2018; Abasubong et al., 2025)

El aumento en postura observado en T1 puede deberse a la mayor disponibilidad de aminoácidos, ácidos grasos esenciales y minerales derivados del proceso de fermentación, que optimizan la salud intestinal y la eficiencia metabólica (Mebratu et al., 2022; Abun et al., 2023; Rahman et al., 2020).

Sin embargo, niveles más altos de inclusión (T2, T3) reducen ligeramente el número y el tamaño del huevo, un efecto dosis-dependiente relacionado con ajustes en la energía metabolizable y la presencia de compuestos no proteicos, fenómeno ya reportado para ensilados marinos (Farran et al., 2019).

A pesar de la reducción en peso del huevo, los valores permanecieron dentro del rango comercial (57–59 g), y la masa producida confirma que T1 es el tratamiento más eficiente, logrando hasta 11.5% más producción que el control. Este comportamiento respalda el potencial del ensilado como ingrediente funcional, capaz de mejorar la postura y mantener la calidad del huevo, especialmente cuando se usa en dosis bajas o moderadas (González et al., 2020; Widjastuti et al., 2023; Hernández-López et al., 2019).

En conjunto, el ensilado biológico de cabeza de *P. vannamei* demuestra ser una alternativa viable y sostenible, pues aumenta la postura, mantiene la calidad comercial y maximiza la masa total de huevo, mientras que dosis elevadas pueden disminuir la eficiencia productiva por desbalances

energéticos. El control, aunque obtuvo huevos más pesados, presentó la menor productividad total, evidenciando que el peso del huevo no es el mejor indicador aislado de rendimiento.

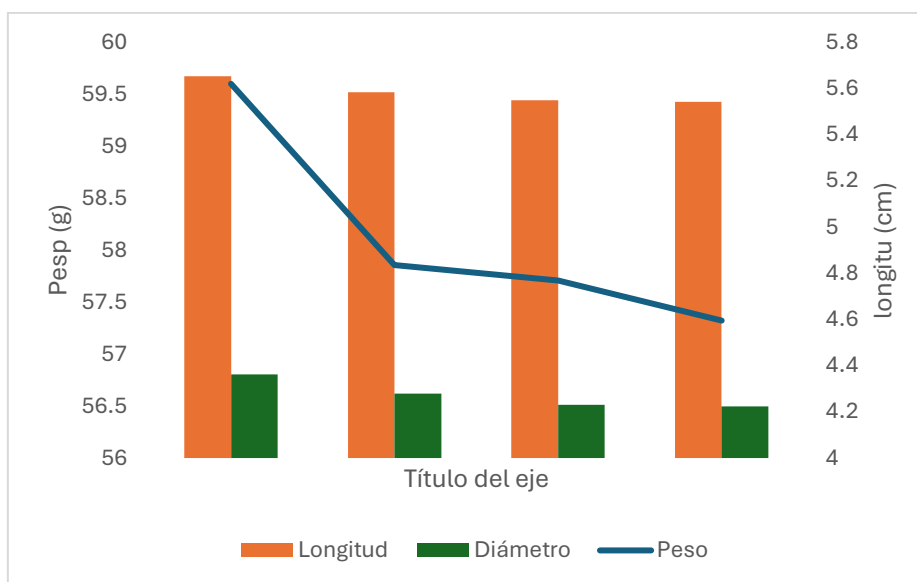


Figura 01: Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento

4.4. Eficiencia alimenticia y digestibilidad

La tabla 10 muestra, los parametros de produccion , donde el menor indice de conversión alimenticia indica que el alimento es mas eficiente, la digestibilidad determina el grado de retención del alimento en el animal

El merito economico (ME) determina la rentabilidad del alimento o el grado de retorno economico

Estos resultados apoyan la hipótesis de que un subproducto marino transformado por fermentación (EB) puede servir como ingrediente funcional en dietas de ponedoras, mejorando la eficiencia alimenticia.

Tabla 10 Índice de conversión alimenticia (ICA), digestibilidad aparente (%) y mérito económico (%).

Tratamiento	ICA	% Digestibilidad	ME %
T0	T0 2.12 A	70.39 C	42.65 B
T1	T1 2.04 B	86.52 A	62.84 A
T2	T2 2.11 A	77.94 B	62.07 A
T3	T3 2.06 B	73.30 C	72.92 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

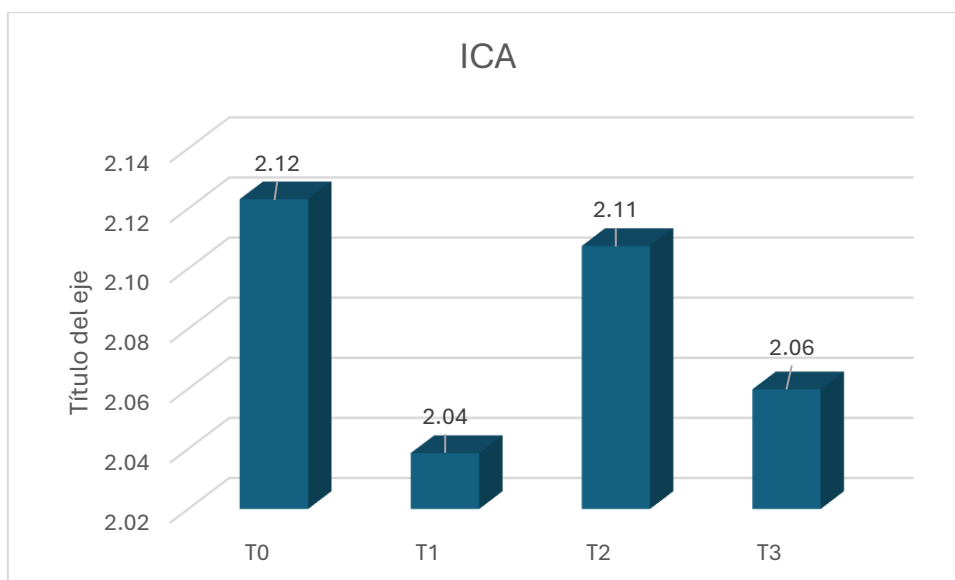


Figura 02: Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento

La figura 2, muestra que el mejor ICA lo mostró **T1 (2.04)**, con digestibilidad aparente muy alta (86.5 %) — indica que esa combinación de dieta/ensilado optimizó la conversión y absorción nutricional.

Los resultados muestran que el tratamiento T1 obtuvo el **mejor índice de conversión alimenticia (ICA = 2.04)** y la **mayor digestibilidad aparente (86.5 %)**, figura 3, lo que indica una utilización más eficiente del alimento. En contraste, T0 fue el menos eficiente (ICA alto, baja digestibilidad y menor rentabilidad). El mayor mérito económico (ME) correspondió a T3 (72.9 %), sugiriendo que, aunque su digestibilidad fue menor, la combinación de costo del alimento y productividad generó un mejor retorno económico. El ICA refleja la eficiencia del consumo, la digestibilidad indica la retención y aprovechamiento del alimento, y el ME representa la rentabilidad de la dieta.

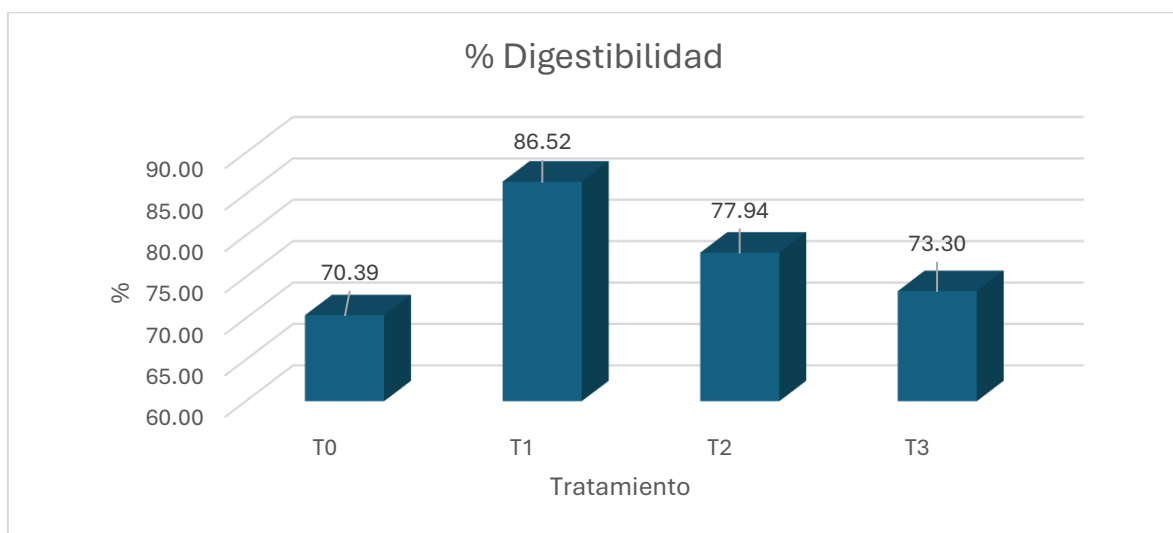


Figura 03: *Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento*

El tratamiento **T0** parece el menos eficiente globalmente (ICA alto, digestibilidad bajo, ME bajo),

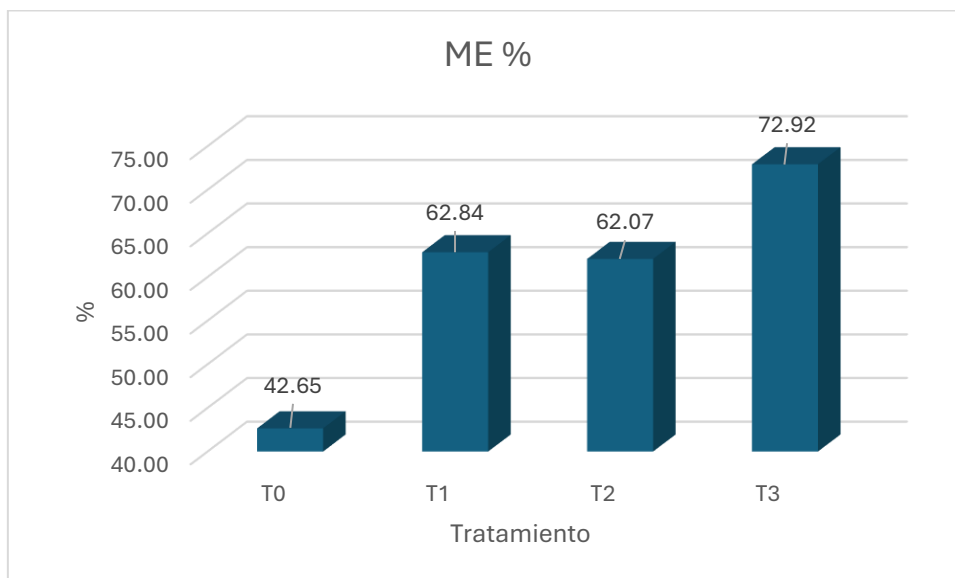


Figura 04: *Peso (gr), longitud (cm) y diámetro (cm) de los huevos por tratamiento*

El mayor ME figura 4, lo obtuvo **T3 (72.9 %)**, lo que sugiere que aunque su digestibilidad fue más modesta, la relación costo-beneficio resultó favorable, quizá por un menor costo de la dieta con ensilado o mayor producción en conjunto.

El mérito económico (ME) fue máximo en T3 (~ 72.9 %), lo cual sugiere que, pese a no tener la digestibilidad más alta — la relación costo-beneficio en esa dieta fue favorable. Este hallazgo es consistente con revisiones sobre el uso de subproductos marinos o alimentos fermentados en avicultura, que indican que **la inclusión moderada de residuos transformados reduce el costo de la dieta y puede incrementar la rentabilidad**, siempre que no se afecte negativamente la producción ni la salud del ave.

La evidencia coincide con estudios donde los alimentos fermentados mejoran la conversión alimenticia y la digestibilidad en ponedoras (L. Guo et al., 2021).(W. Guo et al., 2022). La fermentación reduce factores antinutricionales y mejora la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo la eficiencia. De manera similar, el uso de silajes de residuos de pescado ha demostrado aumentar la digestibilidad y reducir la conversión alimenticia en aves (Shabani et al., 2019, 2021).(Abun et al., 2025). Sin embargo, algunos estudios reportan efectos neutros sobre la energía metabolizable, dependiendo del tipo y calidad del subproducto (Brelaz et al., 2024), y revisiones recientes advierten que un mal procesamiento del alimento fermentado puede afectar negativamente la palatabilidad y digestibilidad (Katu et al., 2025). En conjunto, los resultados respaldan que el ensilado biológico (EB) funciona como un ingrediente funcional capaz de mejorar la eficiencia alimenticia en ponedoras.

No obstante, la inclusión de EB no tuvo efectos uniformes: en tu tratamiento T2 la digestibilidad cayó (70.4 %), el ICA se elevó (2.11) y el mérito económico fue bajo (42.7 %). Este patrón indica que **no basta con añadir EB: la calidad del ensilado, su procesamiento, la proporción utilizada y la composición final de la dieta determinan su éxito.**

La literatura también advierte esta variabilidad: el uso de fish-waste silage o residuos pesqueros como sustitutos proteicos puede mejorar digestibilidad y crecimiento en pollos, pero estos efectos dependen fuertemente de la proporción incluida y de la calidad del silaje. (*Inclusion of Fish Waste Silage in Broiler Diets...*, s. f.)

4.5. Otros parámetros cualitativos de la yema de huevo de gallina

En la tabla 11, se realizó la comparación entre peso del huevo, de la yema y de la clara de los tratamientos de 100 huevos donde reportados los resultados.

Tabla 11: Principales parámetros calidad del huevo

Tratam	Huevos l (g)	Yema (Densidad)	Clara (Densidad)	Yema (%)	Clara (%)	calidad
T3	57.86 B	1.083 A	1.081 A	28.727 A	62.256 A	1.081 A
T2	57.71 B	1.082 A	1.080 A	27.065 A	60.566 A	1.080 A
T1	57.32 B	1.080 B	1.078 A	26.946 A	61.245 A	1.079 A
T0	59.60 A	1.079 B	1.075 B	27.667 A	61.799 A	1.074 B

Observación de la calidad del huevo

Los resultados muestran claramente que:

Parámetro	Mayor valor	Interpretación
% Clara	T3	Mayor síntesis proteica
% Yema	T3	Mayor aporte lipídico y carotenoides
% Postura	T1	Mayor eficiencia productiva
Calidad interna	T1–T3	Mejora general de la calidad

El ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei*: Mejora todos los parámetros de calidad interna del huevo.

Incrementa el % de postura en todas las dosis. Presenta su máxima eficiencia productiva en la dosis T1. Aumenta significativamente la proporción de clara y yema en dosis medias y altas.

Estos resultados confirman que el ensilado es una alternativa nutricional válida, sostenible y funcional para gallinas ponedoras, alineado con la economía circular y el aprovechamiento de residuos pesqueros.

Tabla 12: *valor de significancia de calidad del huevo*

Fuente	GL	Valor p	Valor p	Valor p	Valor p	Valor p
		Yema (D)	Clara (D)	yema (%)	Clara (%)	Calidad (%)
TTO	3	0.000	0.000	0.055	0.126	0.000
Error	1466					
Total	1469					

Los resultados de la **Tabla 11** muestran que, al comparar 100 huevos por tratamiento, existen **diferencias significativas ($p < 0.05$)** en el **peso del huevo**, así como en la **densidad de la yema**, la **densidad de la clara** y el **índice general de calidad** entre tratamientos. El tratamiento **T0** presentó el mayor peso promedio del huevo (59.60 g), mientras que los tratamientos con ensilado (T1, T2 y T3) mostraron pesos ligeramente menores (57.32–57.86 g).

Los resultados muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) en peso del huevo, densidad de yema, densidad de clara e índice global de calidad entre tratamientos. Aunque T0 presentó el mayor peso (59.60 g), los tratamientos con ensilado (T1–T3) mejoraron parámetros clave de calidad interna: mayores densidades de yema (T3 y T2: 1.083–1.082) y de clara (T3–T1: 1.081–1.078), así como un índice de calidad superior, destacando T3. La distribución interna (porcentaje de yema y clara) se mantuvo estable ($p > 0.05$). Estos resultados indican que el ensilado biológico de cabeza de *P. vannamei* mejora la estructura interna del huevo, favoreciendo la viscosidad de la clara y la firmeza de la yema (Mebratu et al., 2022; Widjastuti et al., 2023), así como la estabilidad interna asociada a una mejor salud intestinal (Rahman, 2019).

La presencia de lípidos marinos, PUFA y compuestos bioactivos de la cabeza de camarón apoya la mejora intestinal y el enriquecimiento en omega-3 observado en las yemas (Pateiro et al., 2021). Además, los hallazgos coinciden con estudios donde los silajes de residuos marinos, cuando están correctamente formulados, mantienen o mejoran la calidad del huevo (Kjos et al., 2001) y elevan el contenido lipídico funcional (Fraeye et al., 2012). No obstante, algunos reportes muestran efectos neutros cuando la técnica de ensilado o la estabilidad del producto no son óptimas (Kjos et al., 2001b), lo que refuerza la importancia del adecuado procesamiento del EB. En conjunto, estos resultados confirman que el ensilado biológico actúa como ingrediente

funcional, mejorando tanto la calidad interna del huevo como la morfología intestinal en comparación con el control (Halder et al., 2024; Kjos et al., 2001)

No obstante, los resultados también muestran los riesgos de una **mala dosificación o procesamiento deficiente** del EB: la reducción de digestibilidad en T2 demuestra que un uso indiscriminado podría ser contraproducente. En la literatura se señala que un silaje de pescado mal estabilizado puede alterar palatabilidad, ocasionar rancidez de lípidos, provocar desequilibrios nutricionales o afectar negativamente la salud intestinal (*Inclusion of Fish Waste Silage in Broiler diets...*, s. f.)

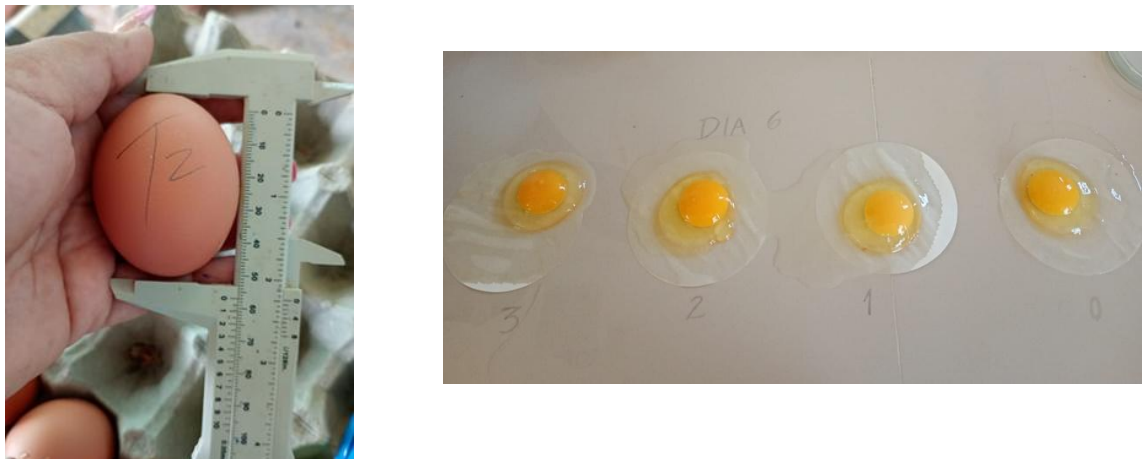


Figura 05: Huevos de gallinas alimentadas con el ensilado biológico.

Color de yema según escala ROCHE,

El color de la yema se intensificó con el incremento de EB en la dieta, alcanzando el valor más alto (12) en la escala Roche para el tratamiento.

El langostino contiene un pigmento natural llamado astaxantina, utilizado en la industria orgánica de pigmentos, el cual influye en la variación de la coloración de la yema y posiblemente también en la cáscara del huevo, que adquiere un tono ligeramente más oscuro. Además, se observó un aumento en la viscosidad de la clara en los tratamientos con mayor pigmentación. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el peso de la clara entre los tratamientos, se detectó una ligera variación entre los tratamientos T3 y T0.

4.6. Salud de la gallina

La inclusión del ensilado biológico mejoró la morfología yeyunal, mostrando aumentos en altura y diámetro de las vellosidades ($T3 > T1 > T2 > T0$), lo que sugiere una mayor capacidad absorptiva. Este patrón coincide con el efecto conocido de alimentos fermentados y metabolitos probióticos sobre la proliferación epitelial (Halder et al., 2024)

Tales mejoras indican beneficios adicionales para la salud intestinal, mayor integridad de la mucosa, mejor absorción y menor susceptibilidad a patógenos, lo que podría traducirse en mayor estabilidad productiva y menor necesidad de antibióticos.

T1 y T3 muestran incrementos consistentes en superficie de vellosidades (327,095 y 353,148 vs. 256,892 en T0), lo que respalda un mayor potencial de absorción de nutrientes y coincide con mejoras productivas observadas.

La literatura confirma que alimentos fermentados, probióticos y subproductos marinos procesados pueden aumentar la altura y ancho de vellosidades y mejorar la relación vellosidad: cripta (W. Guo et al., 2022; Alizadeh-Ghamsari et al., 2023). Estos antecedentes respaldan que el EB contribuye a una mejor arquitectura intestinal y mayor eficiencia digestiva en las gallinas.

Biológicamente, vellosidades más largas/anchas aumentan la relación superficie/volumen y facilitan la absorción de monómeros y micelas lipídicas → podría explicar mejores indicadores productivos en tratamientos con EB bien el **Incremento de 'pared' y ancho en T1/T3** sugiere fortalecimiento de la arquitectura epitelial (posible aumento de capa mucosa/epitelial), lo que puede traducirse en mejor barrera frente a patógenos y mayor capacidad enzimática local.

Tabla 13: *Tamaño de las vellosidades intestinales*

TTO	Largo	Ancho	Pared	Superficie
T0	1688.472	152.145	114.837	256892.26
T1	1495.93	218.657	261.868	327095.09
T2	1663.475	180.22	211.478	299791.46
T3	1590.535	222.031	294.465	353148.07

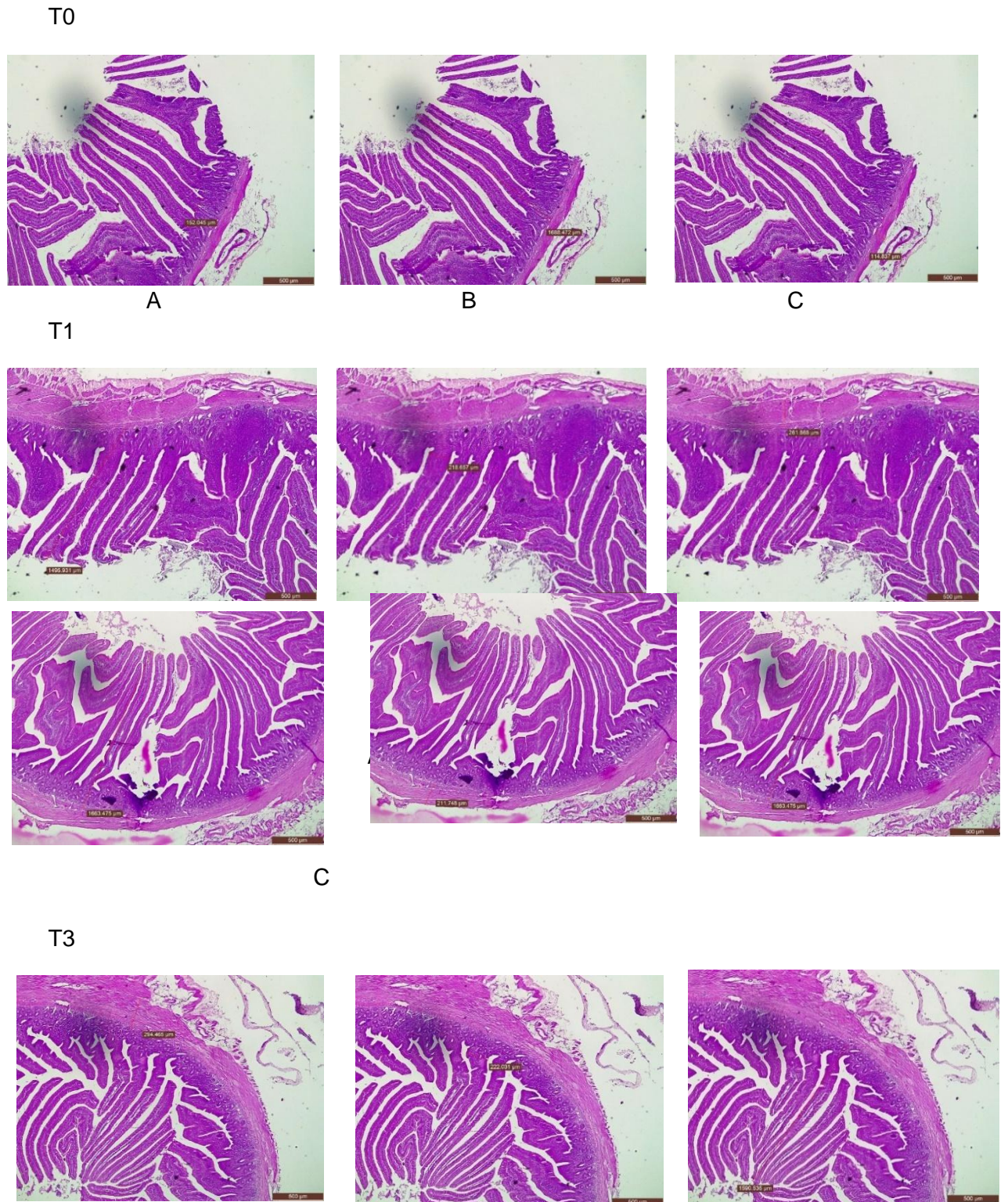


Figura 07: Variable histomorfométrica yeyuno altura promedio de vellosidad intestinal (10 x); a) T0 promedio largo ancho y pared del 1688.472,152.145, 114.837 um b) T1 promedio 1495.93, 218.657, 261.868 um, c) T2 promedio 1663.475, 180.22, 211.478 um, y d) T3 promedio 1396 um hasta 2541 um. Software utilizado: Labscope de Zeiss

4.7. Características del tracto digestivo de la gallina sacrificada

Un intestino más largo puede ralentizar el tránsito de los alimentos, indicando dietas de menor calidad. Implementar dietas adecuadas y económicas que maximicen la absorción de nutrientes y minimicen los desperdicios puede resultar en aves más productivas y una operación avícola más rentable. El hígado es crucial en el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas, descomponiendo y eliminando toxinas (Zaefarian et al., 2019). En gallinas ponedoras, una función hepática adecuada es esencial para la producción de yemas, formación de cáscaras y síntesis de proteínas necesarias para la producción de huevos. (Gloux et al., 2019) La molleja, parte esencial del sistema digestivo, tritura mecánicamente los alimentos, facilitando la digestión en el intestino delgado. Su estado puede indicar la salud general del sistema digestivo; una molleja sana y funcional sugiere que el resto del sistema digestivo también está funcionando bien.

El tamaño y la calidad de la carcasa son indicadores cruciales de la eficiencia y éxito en la producción avícola, así como de la salud del animal, y tienen



implicaciones directas en la rentabilidad económica semejante a reporte de eficiencia como los reportados al usar ensilado de pescado del 6% al 12% (Shabani et al., 2019, 2021).

Figura 06: rendimiento de carcasa, hígado y molleja de gallinas alimentadas con EB.

Tabla 14: Rendimiento porcentual de los órganos de la gallina

CARCASA DE GALLINA Y ORGANOS	T3	T2	T1	T0
GALLINA	1900	1950	1800	1850
INTESTINO	6.41	6.71	7.69	6.16
CORAZON	0.37	0.34	0.39	0.49
BAZO	0.10	0.11	0.14	0.11
MOLLEJA	1.81	1.71	1.52	1.86
HIGADO	2.02	2.30	2.22	2.34
P. CABEZA	2.69	2.72	2.81	2.89
PATAS	2.89	2.84	2.88	2.76
P.F. CARCASA	57.89	61.54	58.33	56.76

V. CONCLUSIONES

El ensilado biológico (EB) de cabeza de *Penaeus vannamei* se confirma como un insumo proteico viable, económico y de buena disponibilidad para la alimentación de gallinas Hy-Line Brown en postura.

Su inclusión generó mejoras significativas en índice de conversión alimenticia y mérito económico respecto a la dieta control, además de un mejor desempeño numérico en rendimiento.

Los efectos fueron dependientes del nivel de inclusión, destacando T3 (20% EB) por su mayor rentabilidad y T1 por optimizar la producción de huevos, la conversión alimenticia productiva y la masa de huevo.

Estos resultados son coherentes con estudios que reportan beneficios de dietas fermentadas o silajes marinos sobre digestibilidad y eficiencia productiva, aunque la variabilidad entre tratamientos es esperada y su eficacia depende de la calidad del ensilado y el proceso de fermentación.

El EB se presenta como una alternativa sustentable y alineada con la economía circular, con potencial para reducir costos y valorizar residuos pesqueros sin comprometer el desempeño productivo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Considerar el factor limitante del EB al incorporarlo como parte de la dieta de gallinas Hy-Line Brown en postura.
2. Desarrollar estudios adicionales que evalúen distintos productos como materia prima para la producción de EB.
3. Respetar las proporciones estudiadas de los insumos durante la elaboración del EB para garantizar su eficacia nutricional.
4. Realizar el mismo ensayo en otras épocas del año para comparar los resultados productivos obtenidos con los de este estudio.
5. Promover el uso del EB como alternativa de insumo proteico, evaluando distintas dosis para optimizar los costos de alimentación en gallinas Hy-Line Brown en postura.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abasubong, K. P., Amin, A. B., Uwem, G. U., Desouky, H. E., Abasubong, K. P., Amin, A. B., Uwem, G. U., & Desouky, H. E. (2025). A review of fish waste and byproducts in poultry production: Effects on growth, egg quality, carcass traits, and broader knowledge beyond physiological response. *Animal Advances*, 2(1). <https://doi.org/10.48130/animadv-0025-0027>
- Abbas, S., Riaz, A., Nawaz, S. K., & Arshad, N. (2021). Probiotic potential of locally isolated strain lactobacillus brevis mf179529 and its comparison with commercial probiotics in chicken model. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(1), 135-141. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/21.869>
- Abelti, A. L. (2018). *Evaluation of small barbus silage through inclusion into commercially formulated poultry feed*. <https://doi.org/10.15226/2578-1898/2/1/00105>
- Abraham, M. E., Robison, C. I., Kim, W. K., Regmi, P., & Karcher, D. M. (2023). N-3 essential fatty acid and vitamin D supplementation improve skeletal health in laying hens. *Poultry Science*, 102(12), 103089. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2023.103089>
- Abun, A., Maulana, R., Haetami, K., & Saefulhadjar, D. (2023). Effect of adding fermented shrimp waste extract in ration on metabolizable energy and nitrogen retention in laying hens. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 19(1), 554-562. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.19.1.1392>
- Abun, A., Rusmana, D., Haetami, K., & Widjastuti, T. (2025). Evaluation of the nutritional value of fermented pangasius fish waste and its potential as a poultry feed

supplement. *Veterinary World*, 18(2), 355-366. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.355-366>

Akter, N., Dao, T. H., Crowley, T. M., & Moss, A. F. (2025). Optimization of Split Feeding Strategy for Laying Hens Through a Response Surface Model. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 15(5), 750. <https://doi.org/10.3390/ani15050750>

Alizadeh-Ghamsari, A. H., Shaviklo, A. R., & Hosseini, S. A. (2023). Effects of a new generation of fish protein hydrolysate on performance, intestinal microbiology, and immunity of broiler chickens. *Journal of Animal Science and Technology*, 65(4), 804-817. <https://doi.org/10.5187/jast.2022.e99>

Ambrosio, M. J. (2004). *Procesamiento pesquero, disposición de residuos, e impacto ambiental*. Universidad Tecnológica Nacional.

Attia, Y. A., Al-Harhi, M. A., & Abo El-Maaty, H. M. (2020). Calcium and Cholecalciferol Levels in Late-Phase Laying Hens: Effects on Productive Traits, Egg Quality, Blood Biochemistry, and Immune Responses. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00389>

Betancur, C., Martínez, Y., Tellez-isaias, G., Avellaneda, M. C., & Velázquez-martí, B. (2020). In vitro characterization of indigenous probiotic strains isolated from colombian creole pigs. *Animals*, 10(7), 1-11. <https://doi.org/10.3390/ani10071204>

Brelaz, K. C. B. T. R., Cruz, F. G. G., Rufino, J. P. F., Brasil, R. J. M., Silva, A. F., Costa, V. R., & Santos, A. N. de A. (2024). Apparent digestibility of fish waste oil in diets for laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 46. https://www.redalyc.org/journal/3031/303179699020/movil/?utm_source=chatgpt.com

Calderón-Quispe, V., Churacutipa-Mamani, M., Salas, A., Barriga-Sánchez, M., & Aranibar, M. J. (2017). Inclusión de Ensilado de Residuos de Trucha en el Alimento de Cerdos y su Efecto en el Rendimiento Productivo y Sabor de la Carne / Effect of the Inclusion of Silage of Trout Residues in Pigs Feed and its Effect on the Productive

- Performance and The Taste of Meat. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(2), 265-265-274. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13055>
- Castillo García, W. E., Sánchez Suárez, H. A., & Ochoa Mogollón, G. M. (2019). *Evaluación del ensilado de residuos de pescado y de cabeza de langostino fermentado con Lactobacillus fermentus aislado de cerdo*. 30(4), 1456-1469.
- Castro, F. L. S., Chai, L., Arango, J., Owens, C. M., Smith, P. A., Reichelt, S., DuBois, C., & Menconi, A. (2023). Poultry industry paradigms: Connecting the dots. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(1), 100310. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100310>
- Chiang, M. L., Chen, H. C., Chen, K. N., Lin, Y. C., Lin, Y. T., & Chen, M. J. (2015). Optimizing Production of Two Potential Probiotic Lactobacilli Strains Isolated from Piglet Feces as Feed Additives for Weaned Piglets. *Asian-Australas J Anim Sci*, 28(8), 1163-1170. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0780>
- Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. *Marine Drugs*, 19(2), 116. <https://doi.org/10.3390/md19020116>
- da Nóbrega, I. P. T., Reis, M. de P., Lizana, R. R., de Moura, T. F., Teófilo, G. F. da S., Bittencourt, L. C., & Sakomura, N. K. (2022). Response of Laying Hens to Repletion and Depletion in Dietary Balanced Protein. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 12(19), 2567. <https://doi.org/10.3390/ani12192567>
- Durand Ordiales, B. L., & Arenazas Rodríguez, A. J. (2020). *Valorización de los residuos orgánicos blandos de productos hidrobiológicos del mercado pesquero Palomar – Arequipa* –2019. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125037/records/67659dcbc0e94e3bc291b403>

- Dvořák, P., Straková, E., Kunová, J., & Kunová, V. (2007). Egg Yolk Colour Depending upon the Composition of the Feeding Mixture for Laying Hens. *Acta Veterinaria Brno*, 76(1), 121-127. <https://doi.org/10.2754/avb200776010121>
- Eggink, K. M., Gonçalves, R., & Skov, P. V. (2025). Shrimp Processing Waste in Aquaculture Feed: Nutritional Value, Applications, Challenges, and Prospects. *Reviews in Aquaculture*, 17(1), e12975. <https://doi.org/10.1111/raq.12975>
- Espe, M., & Lied, E. (1999). Fish silage prepared from different cooked and uncooked raw materials: Chemical changes during storage at different temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(2), 327-332. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199902\)79:2%253C327::AID-JSFA207%253E3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199902)79:2%253C327::AID-JSFA207%253E3.0.CO;2-T)
- Feng, Y., Qiao, L., Liu, R., Yao, H., & Gao, C. (2017). Potential probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from the intestinal mucosa of healthy piglets. *Annals of Microbiology*, 67(3), 239-253. <https://doi.org/10.1007/s13213-017-1254-6>
- Fernández Herrero, A., Fernández Compás, A., Salomone, A., & Vittone, M. (2017). Use of commercial inoculant for the production of fish silage. Preliminary study. *Revista Electronica de Veterinaria*, 18(9). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85040373101&partnerID=40&md5=8aa0a5907e2cef75790ac541e3d24b9c>
- Fileto, J. B., Nepomuceno, R. C., Gomes, T. R., Silva, V. S., Santos, E. O. D., Souza, O. F. D., Watanabe, G. C. A., Lima, P. J. D. D. O., & Freitas, E. R. (2024). Nutritional evaluation of shrimp waste and its inclusion in laying diet for meat-type quails. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 96, e20230934. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420230934>
- Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K., & Foubert, I. (2012). Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: A review. *Food Research International*, 48(2), 961-969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.014>

- Gloux, A., Duclos, M. J., Brionne, A., Bourin, M., Nys, Y., & Réhault-Godbert, S. (2019). Integrative analysis of transcriptomic data related to the liver of laying hens: From physiological basics to newly identified functions. *BMC Genomics*, 20(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/S12864-019-6185-0/TABLES/1>
- Gomes, F. A., & Souza, L. P. D. (2020). Silagem ácida e biológica de resíduos de peixes produzidos na Amazônia ocidental – Acre. *Brazilian Journal of Development*, 6, 36677-36693. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-271>
- González, Z. F., Font, A. J. Q., Ochoa., M. Y. M., Rodríguez., E. C., & Estrada, A. M. B. (2020). La malnutrición; problema de salud pública de escala mundial. *MULTIMED*, 24(1).
- Guía de manejo & Hi-Brown. (2020). *Guía de manejo Ponedoras comerciales-Line Brown*. HYLINE INTERNATIONAL. www.hylineeggcel.com.
- Guimarães, C. C., Maciel, I. V., Silva, A. F., Lopes, A. F., Ramón Carpio, K. C., & Inhamuns da Silva, A. J. (2021). Aspectos biotecnológicos da silagem biológica de resíduos do Tambaqui. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(1), 205-215. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021V14N1E006861>
- Guimarães, C. C., Nóbrega, T. C., de Almeida Santos, A. N., Barai, A. A., dos Santos Mourão, L., da Silva Gomes, M. F., de Souza Ferreira, W., de Lima Chaves, F. A., da Silva Junior, J. L., de Freitas Mendonça, M. A., da Silva, A. J. I., Rufino, J. P. F., & de Oliveira, A. T. (2025). Biological silage from tambaqui (*Colossoma macropomum*) by-products on the productive performance, hematological parameters and egg quality of older commercial hens. *Tropical Animal Health and Production*, 57(1), 20. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04273-8>
- Guo, L., Lv, J., Liu, Y., Ma, H., Chen, B., Hao, K., Feng, J., & Min, Y. (2021). Effects of Different Fermented Feeds on Production Performance, Cecal Microorganisms, and Intestinal Immunity of Laying Hens. *Animals*, 11(10), 2799. <https://doi.org/10.3390/ani11102799>

- Guo, W., Xu, L., Guo, X., Wang, W., Hao, Q., Wang, S., & Zhu, B. (2022). The impacts of fermented feed on laying performance, egg quality, immune function, intestinal morphology and microbiota of laying hens in the late laying cycle. *animal*, 16(12), 100676. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100676>
- Hafez, H. M., & Attia, Y. A. (2020). Challenges to the Poultry Industry: Current Perspectives and Strategic Future After the COVID-19 Outbreak. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00516>
- Halder, N., Sunder, J., De, A. K., Bhattacharya, D., & Joardar, S. N. (2024a). Probiotics in poultry: A comprehensive review. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 85(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s41936-024-00379-5>
- Halder, N., Sunder, J., De, A. K., Bhattacharya, D., & Joardar, S. N. (2024b). Probiotics in poultry: A comprehensive review. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 85(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s41936-024-00379-5>
- Hertamawati, R. T., Imam, S., Rahmasari, R., & Suryadi, U. (2025). Chitosan processing waste nutrients compounds as a potential natural poultry premix. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 12(1), 117-122. <https://doi.org/10.5455/javar.2025.l878>
- Inclusion of fish waste silage in broiler diets...: Poultry Science (PS)*. (s. f.). Ovid. Recuperado 27 de noviembre de 2025, de <https://www.ovid.com/journals/pousci/fulltext/10.3382/ps/pez244~inclusion-of-fish-waste-silage-in-broiler-diets-affects-gut>
- Internal and external egg quality - Optimum Egg Quality: A Practical Approach - The Poultry Site | The Poultry Site*. (s. f.). Recuperado 30 de noviembre de 2025, de <https://www.thepoultrysite.com/>
- Islam, M. J., & Peñarubia, O. R. (2021). Seafood Waste Management Status in Bangladesh and Potential for Silage Production. *Sustainability*, 13(4), 2372. <https://doi.org/10.3390/su13042372>

- Kariyawasam, K. M. G. M. M., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2021). Synbiotic yoghurt supplemented with novel probiotic *Lactobacillus brevis* KU200019 and fructooligosaccharides. *Food Bioscience*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100835>
- Katu, J. K., Tóth, T., Ásványi, B., Hatvan, Z., & Varga, L. (2025). Effect of Fermented Feed on Growth Performance and Gut Health of Broilers: A Review. *Animals*, 15(13), 1957. <https://doi.org/10.3390/ani15131957>
- Khempaka, S., Chitsatchapong, C., & Molee, W. (2011). Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(1), 1-11. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00162>
- Kjos, N. P., Herstad, O., Skrede, A., & Øverland, M. (2001). Effects of dietary fish silage and fish fat on performance and egg quality of laying hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(2), 245-251. <https://doi.org/10.4141/A00-086>
- Kuley, E., Özyurt, G., Özogul, I., Boga, M., Akyol, I., Rocha, J. M., & Özogul, F. (2020). The Role of Selected Lactic Acid Bacteria on Organic Acid Accumulation during Wet and Spray-Dried Fish-Based Silages. Contributions to the Winning Combination of Microbial Food Safety and Environmental Sustainability. *Microorganisms*, 8(2), 172. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020172>
- Management of Laying Chickens—Poultry*. (s. f.). Merck Veterinary Manual. Recuperado 30 de noviembre de 2025, de <https://www.merckvetmanual.com/poultry/nutrition-and-management-poultry/management-of-laying-chickens>
- manejo, G. de & Hi-Brown. (2020). *Guía de manejo Ponedoras comerciales-Line Brown*. HYLINE INTERNATIONAL. www.hylineeggcel.com.
- Mebratu, A. T., Asfaw, Y. T., & Janssens, G. P. J. (2022). Exploring the functional and metabolic effects of adding garra fish meal to a plant-based broiler chicken diet.

- Tropical Animal Health and Production*, 54(3), 196. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03200-z>
- Mogollón, G. O., Ordinola-Zapata, A., Sanchez-Ochoa, G., Vieyra-Peña, E., Palacios-Pinto, G., & Sánchez-Suárez, H. (2025). Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 35(1), 7. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e35549>
- Mottet, A., & Tempio, G. (2017). Global poultry production: Current state and future outlook and challenges. *World's Poultry Science Journal*, 73(2), 245-256. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
- Naeem, M., & Bourassa, D. (2025). Probiotics in Poultry: Unlocking Productivity Through Microbiome Modulation and Gut Health. *Microorganisms*, 13(2), 257. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13020257>
- Okoye, C. O., Wang, Y., Gao, L., Wu, Y., Li, X., Sun, J., & Jiang, J. (2023). The performance of lactic acid bacteria in silage production: A review of modern biotechnology for silage improvement. *Microbiological Research*, 266, 127212. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127212>
- Onbaşılar, E. E., Gündoğar, U. C., Çapar Akyüz, H., Yalçın, S., Ahlat, O., Yüceer Özkul, B., Çelebi, B., Bundur, A., Gebeş, E. S., Ünal, N., & Özbeyaz, C. (2025). The Effects of Shrimp Waste Added to Broiler Diets on Growth Performance, Slaughter and Carcass Characteristics, Intestinal Morphology, Bone Traits, and Fatty Acids in the Meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 109(2), 477-486. <https://doi.org/10.1111/jpn.14064>
- Pateiro, M., Domínguez, R., Varzakas, T., Muneke, P. E. S., Movilla Fierro, E., & Lorenzo, J. M. (2021). Omega-3-Rich Oils from Marine Side Streams and Their Potential Application in Food. *Marine Drugs*, 19(5), 233. <https://doi.org/10.3390/md19050233>
- Peña García, P., Querevalú Ortiz, J., Ochoa Mogollón, G., & Sánchez Suárez, H. (2020). Biological silage of shrimp waste fermented with lactic acid bacteria: Use as a

- biofertilizer in pasture crops and as feed for backyard pigs. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 459-471. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.04.01>
- Peru's egg production reached 503,080 tons in 2023.* (s. f.). Tridge. Recuperado 30 de noviembre de 2025, de <https://www.tridge.com/news/perus-egg-production-reached-503080-tons-in--vsdhgi>
- Poultry & Eggs—Sector at a Glance | Economic Research Service.* (s. f.). Recuperado 30 de noviembre de 2025, de <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/poultry-eggs/sector-at-a-glance>
- Poultry development review.* (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Raeesi, R., Shabanpour, B., & Pourashouri, P. (2021). Quality Evaluation of Produced Silage and Extracted Oil from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Wastes Using Acidic and Fermentation Methods. *Waste and Biomass Valorization*, 12(9), 4931-4942. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01331-8>
- Rahman, S. U. (2019). Incidence of ESBL-Producing-Escherichia coli in Poultry Farm Environment and Retail Poultry Meat. *Pakistan Veterinary Journal*, 39(01), 116-120. <https://doi.org/10.29261/pakvetj/2018.091>
- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*, 11(3), 684. <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Ren, Z., Sun, W., Cheng, X., Liu, Y., Han, D., Yan, J., Pan, C., Duan, Y., & Yang, X. (2020). The adaptability of Hy-Line Brown laying hens to low-phosphorus diets supplemented with phytase. *Poultry Science*, 99(7), 3525-3531. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.033>
- Roberts, J. R. (2004). Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *The Journal of Poultry Science*, 41(3), 161-177. <https://doi.org/10.2141/jpsa.41.161>

- Safari, R., Yaghoobzadeh, Z., Bankehsaz, Z., Reyhani Poul, S., Jafari, A., & Abbaszadeh, M. M. (2022). Evaluation of quality and chemical spoilage indicators of biological silage produced from chicken waste and its comparison with meat, blood meal and kilka fish meal. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 18(121), 203-213. <https://doi.org/10.52547/FSCT.18.121.16>
- Shabani, A., Boldaji, F., Dastar, B., Ghoorchi, T., Zerehdaran, S., & Ashayerizadeh, A. (2021). Evaluation of increasing concentrations of fish waste silage in diets on growth performance, gastrointestinal microbial population, and intestinal morphology of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114874. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2021.114874>
- Shabani, A., Jazi, V., Ashayerizadeh, A., & Barekatin, R. (2019). Inclusion of fish waste silage in broiler diets affects gut microflora, cecal short-chain fatty acids, digestive enzyme activity, nutrient digestibility, and excreta gas emission. *Poultry Science*, 98(10), 4909-4918. <https://doi.org/10.3382/ps/pez244>
- Sharma, H., Fidan, H., Özogul, F., & Rocha, J. M. (2022). Recent development in the preservation effect of lactic acid bacteria and essential oils on chicken and seafood products. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1092248>
- Siddiqui, S. A., Lakshmikanth, D., Pradhan, C., Farajinejad, Z., Castro-Muñoz, R., & Sasidharan, A. (2025). Implementing fermentation technology for comprehensive valorisation of seafood processing by-products: A critical review on recovering valuable nutrients and enhancing utilisation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(5), 964-991. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2286623>
- Sirisopapong, M., Shimosato, T., Okrathok, S., & Khempaka, S. (2023). Assessment of lactic acid bacteria isolated from the chicken digestive tract for potential use as poultry probiotics. *Animal Bioscience*, 36(8), 1209-1220. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0455>

- Toyes-Vargas, E., Ortega-Pérez, R., Espinoza-Villavicencio, J. L., Arellano-Pérez, M., Civera, R., & Palacios, E. (2018). Effect of marine by-product meals on hen egg production parameters, yolk lipid composition and sensory quality. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(2), 462-473. <https://doi.org/10.1111/jpn.12769>
- Wu, K., Wang, F., Yang, S., Zhang, C., Xie, M., Li, J., Yin, Y., & Yao, K. (2025). Effects of Fish Bone Meal Supplementation on Growth Performance, Blood Immunity, Intestinal Morphology, and Gut Microbiota in Laying Hens. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 15(4), 548. <https://doi.org/10.3390/ani15040548>
- Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., Cowieson, A., & Ravindran, V. (2019). Avian Liver: The Forgotten Organ. *Animals* 2019, Vol. 9, Page 63, 9(2), 63. <https://doi.org/10.3390/ANI9020063>
- Zapata Guerra, J. A. (2023). *Ensilado biológico de cabeza de Penaeus vannamei fermentado con bacterias nativas en la producción de pollos de engorde, Tumbes 2022*. <https://hdl.handle.net/20.500.12874/64242>

VIII. ANEXOS

ANEXO A) ACCIONES PREVIAS A LA CRIANZA Y ACONDICIONAMIENTO DE GALPON.



Aplicación y desinfección de pajilla de arroz



Selección de gallinas por tratamiento



Separación de gallinas por tratamiento



Gallinas con tratamiento

**ANEXO B) PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DEL ENSILADO
CON LITOPENAEUS BANNAMEI.**



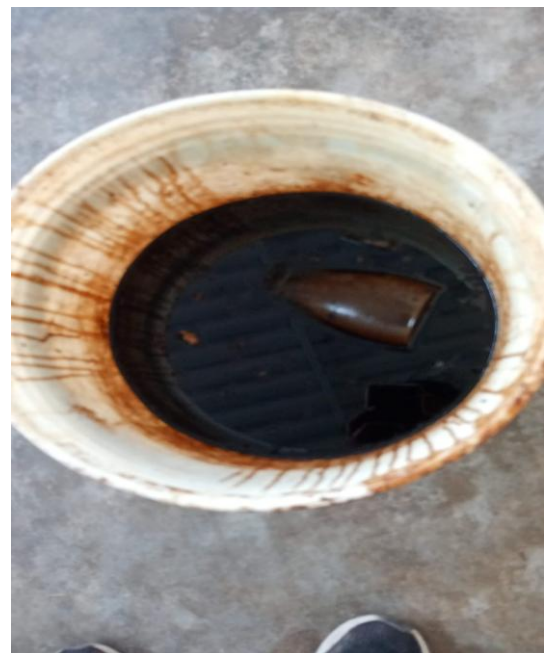
Peso de Cabezas de langostino



Cocción de la cabeza de langostino



Aplicación del cultivo (yogurt)



Dosificación de melaza

ANEXO C) PROCESAMIENTO DEL E.B.



E.B. de cabeza de langostino listo para secar



Proceso del secado del E.B.

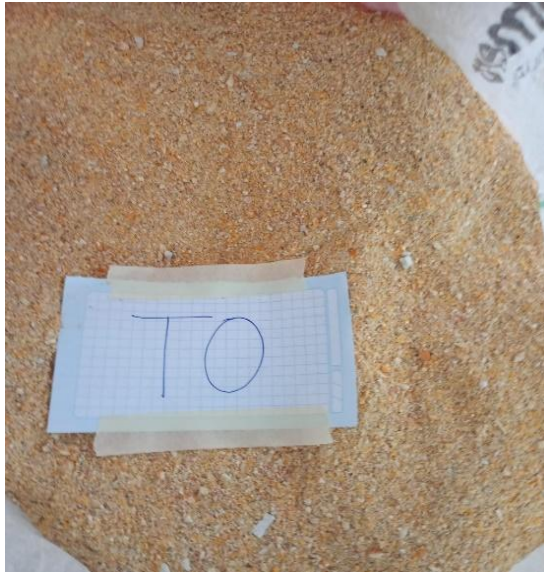


Cabezas de litopenaeus B. secas

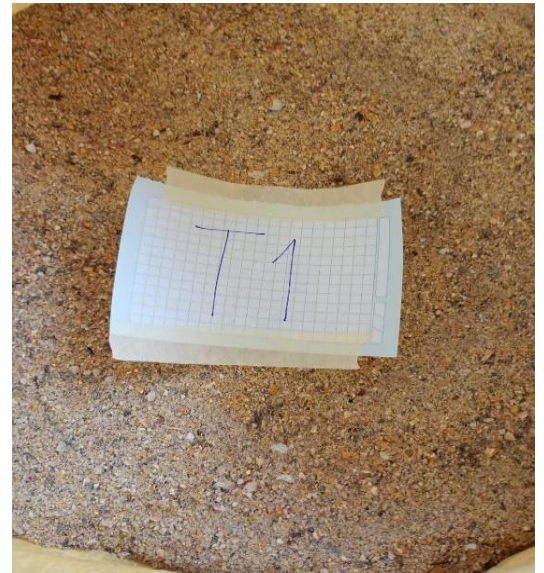
INSUMO/COSTOS	CANTIDAD	TOTAL
Cabezas de langostinos	70 kg	0
Melaza	25kg	17
Leche	5 kg	15
Inóculo		2
Leña		10
Movilidad		10
TOTAL	100	54
COSTO/KG	1 kg	0.54

Costo del ensilado P.B. por kg

ANEXO D) PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.



Dieta 0 (Tratamiento testigo o % ensilado)



Dieta 1 (Tratamiento con 10 % de E.B.)



Dieta 2 (Tratamiento con 15 % de E.B.)



Dieta 3 (tratamiento con 20 % E. B)

ANEXO E) PESO Y MEDIDA DEL HUEVO EN LA ETAPA DE POSTURA.



Peso de huevos en la etapa de postura

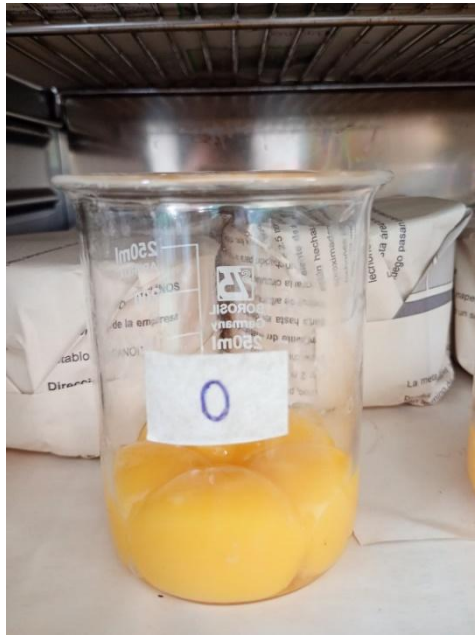


Toma de la medida del huevo

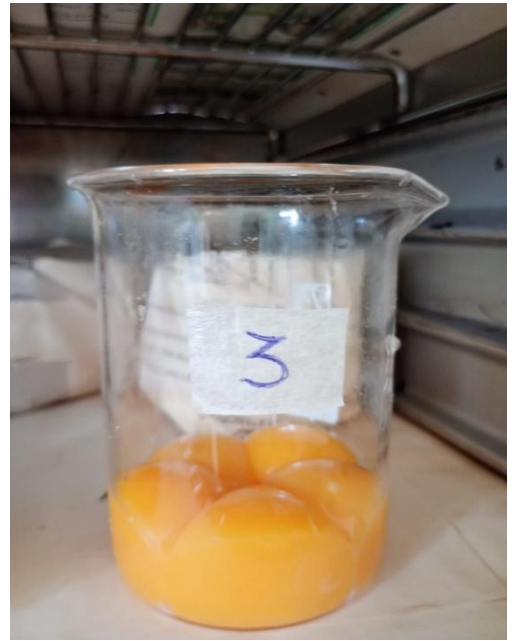


Evaluación del color, altura y consistencia de huevo

ANEXO F) COMPARACIÓN DEL PESO Y DEL COLOR DE LA YEMA EN ETAPA DE POSTURA.



Yemas del tratamiento testigo



Yemas del tratamiento con 20 % de E.B.



Corte histológico del intestino

ANEXO G) CARACTERISTICAS DE CARCASA, MOLLEJAS, HIGADOS Y CORAZON DE GALLINAS ALIMENTADAS CON E. B.



T3, T2, T1 Carcasa de gallinas alimentadas con E.B.



T3, T2, T1 mollejas de gallinas alimentadas con E.B. y T0 gallina testigo.



Comparación de corazón

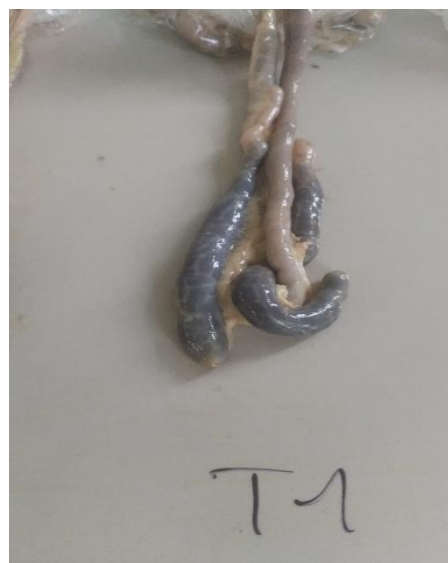


Comparación de la coloración del hígado

ANEXO H) CARACTERÍSTICAS DE CIEGOS DE GALLINA CON TRATAMIENTO TESTIGO Y DE GALLINA ALIMENTADA CON E.B.

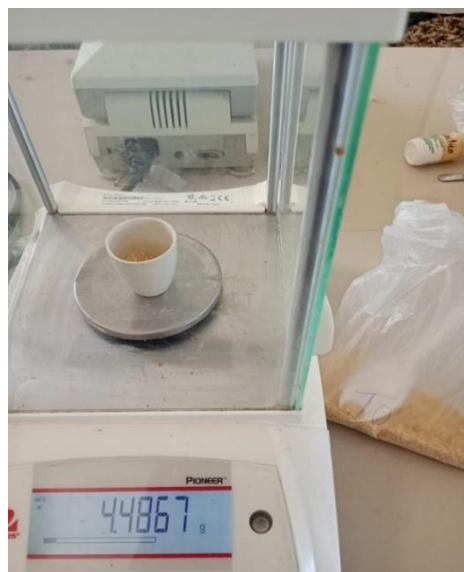


Ciegos de gallina con tratamiento testigo



Ciegos de gallina alimentada con E.B.

ANEXO I) ANALISIS BROMATOLOGICO DEL ALIMENTO Y PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD

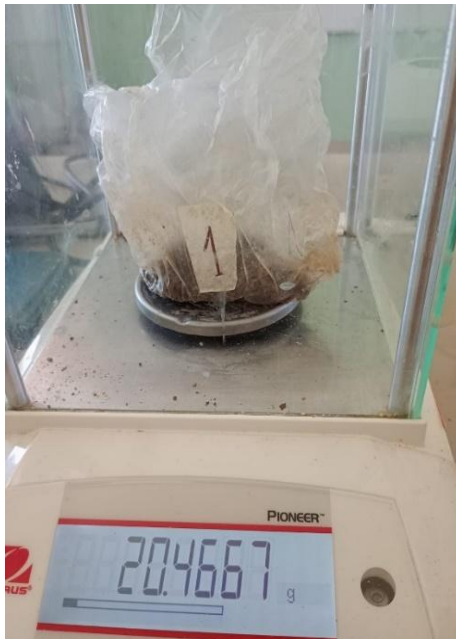


Análisis bromatológico del alimento



peso de heces para evaluar digestibilidad

ANEXO J) DETERMINACION DE MATERIA SECA Y CENIZAS EN ALIMENTOS



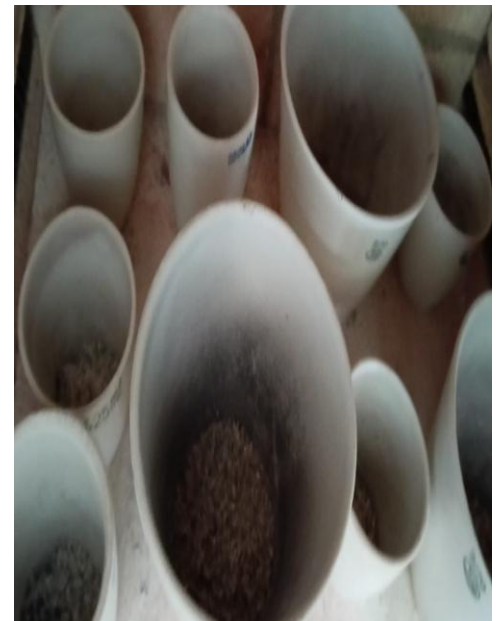
peso de excrementos para determinar digestibilidad



Recoleccion de heces para evaluar Digestibilidad en gallinas alimentadas con E.B.



Termobalanza para determinar materia seca en las heces y alimento.



Determinación de cenizas en alimentos con E.B.