# UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

**Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente**

Carrera de Medicina Veterinaria

Tema:

"EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON FITASAS EN LA DIETA DE CODORNICES DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS."

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario. Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina Veterinaria.


Autores:

Allauca Quintanilla Bryan Eduardo

Capa Torres Ángel Jonathan

Tutor:

Dr. Freddy Rodrigo Güillín Núñez MSc.


GUARANDA – ECUADOR

2025

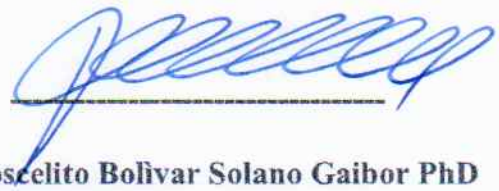
EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON FITASAS EN LA DIETA DE CODORNICES DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS.

**REVISADO Y APROBADO POR:**



**Dr. Freddy Rodrigo Güillín Núñez MSc.**

**TUTOR**



**Dr. Joscelito Bolívar Solano Gaibor PhD**

**PAR LECTOR**



**Ing. Víctor Alejandro Bosquez Barcenes PhD**

**PAR LECTOR**

NOTARÍA TERCERA
Msc. Ab. Henry Rojas Narváez
GUARANDA - ECUADOR

## CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Nosotros, Allauca Quintanilla Bryan Eduardo, con CI 1726069568, y Angel Jonathan Capa Torres, con CI 0706446911, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

**Autor**

ALLAUCA QUITANILLA BRYAN EDUARDO

C.I. 1726069568

**Autor**

ANGEL JONATHAN CAPA TORRES

C.I. 0706446911

**Tutor**

DR. FREDDY RODRIGO GÜILLÍN NÚÑEZ MSc.

**C.I. 0201091493**

....rio

| No. ESCRITURA | 20250201003P02103 |
|---|---|

**DECLARACION JURAMENTADA**
**OTORGADA POR:**
**BRYAN EDUARDO ALLAUCA QUINTANILLA Y**
**ANGEL JONATHAN CAPA TORRES**
**CUANTIA: INDETERMINADA**
DI: 2 COPIAS HR
FACTURA: 001-005-000003516

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día doce de Agosto del dos mil veinticinco **ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda**, comparecen los señores **BRYAN EDUARDO ALLAUCA QUINTANILLA, soltero 0990286075 Y ANGEL JONATHAN CAPA TORRES, soltero 0988542764.** por sus propios derechos. Los comparecientes son de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, domiciliados en esta ciudad de Guaranda, hábiles e idóneos para contratar y obligarse a quienes de conocerlos doy fe, en virtud de que me han exhibido sus documentos de identificación, bien instruidos por mí el Notario, en el objeto y resultados de esta escritura, advertidos de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración bajo juramento declaran lo siguiente Previo a la obtención del título de Medico Veterinario, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON FITASAS EN LA DIETA DE CODORNICES DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS" es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de Autores. Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad la misma que la hago para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue a los comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellos se afirman y se ratifican de todo lo expuesto y para constancia firman conmigo en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta Notaria, la presente declaración, de todo lo cual doy fe.-

**BRYAN EDUARDO ALLAUCA QUINTANILLA**
**C.C. 1726069568**

**ANGEL JONATHAN CAPA TORRES**
C.C. 0706446911

**AB.HENRY ROJAS NARVAEZ**
**NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA**

# Allauca Quintanilla Bryan Edua Capa Torres Ángel ...

## Tesis Fitasas Por Empastar (1).docx

2025

2025

Universidad Estatal de Bolivar

### Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:477392023

Fecha de entrega
30 jul 2025, 2:47 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
31 jul 2025, 9:37 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
Tesis Fitasas Por Empastar (1).docx

Tamaño de archivo
2.7 MB

70 Páginas

12.790 Palabras

68.035 Caracteres



# 6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

## Exclusiones

- N.° de fuentes excluidas

## Fuentes principales

| | |
|---|---|
| 4% | Fuentes de Internet |
| 0% | Publicaciones |
| 4% | Trabajos entregados (trabajos del estudiante) |

## Marcas de integridad

**N.° de alertas de integridad para revisión**

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

# DEDICATORIA

A Dios, por ser mi refugio en la tormenta, por darme luz en los momentos más oscuros y fuerza cuando sentí que todo se derrumbaba. A mi familia, por ser mi sostén inquebrantable, mi raíz y mi impulso. A mi madre, Bertha, por su amor incondicional y su ejemplo de lucha; a mi hermano, Mauricio, por su apoyo silencioso pero firme; a mis tíos, tías, primos y madrinas, por extenderme su mano en cada necesidad con generosidad y sin condiciones. A mi Compa, por saber escucharme, apoyarme y confiar en mí. A Gladys y Abdón, pilares en mi vida. A Angélica, por brindarme su compañía, su amor, su paciencia, su comprensión y sus palabras de aliento, por no soltar mi mano incluso en los días en que dudé de todo.

A mis amigos, por acompañarme con lealtad y extenderme la mano en los momentos de mayor dificultad. A todos ustedes, gracias por ser parte de este camino; esta meta no es sólo mía, también es suya. Dedicatoria especial para los angelitos que tengo en el cielo.

***Eduardo Allauca***

# DEDICATORIA

A Jehová, Dios de Israel, por su misericordia y poder eterno, por ser mi guía, mi fuerza en los momentos de incertidumbre y el motor que me sostuvo cuando sentí que no podía más. Gracias por darme la vida, propósito y esperanza. A mi familia, por ser mi base firme y el pilar que me sostuvo desde el primer día. A mi madre, Marlene, por su amor incondicional, su ejemplo de lucha y su sabiduría que siempre me impulsa; por enseñarme que no hay límites cuando se lucha con la ayuda de Dios. A mi padre, Ángel, por enseñarme el valor del esfuerzo y el respeto. A mis hermanos, Richard, Isaac y Karen, por acompañarme con cariño y ser parte esencial de este camino, compartiendo alegrías, retos y esperanzas.

A Liz, por haber llegado en una etapa significativa de mi vida. Tu presencia fue un soplo de alegría, complicidad y calma en medio del esfuerzo. A mis amigos, quienes con sus palabras, compañía y apoyo me dieron ánimo en los días difíciles y alegría en los días tranquilos. Gracias a todos ustedes por formar parte de este logro, por creer en mí y caminar a mi lado en esta etapa que hoy se convierte en un recuerdo imborrable.

***A. Jonathan Capa Torres.***

# AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Estatal de Bolívar por brindarnos la oportunidad de formar parte de esta comunidad académica y de manera especial, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente por su apoyo incondicional.

Expresamos nuestra profunda gratitud a la Carrera de Medicina Veterinaria por su invaluable contribución académica y científica. Su compromiso con la excelencia educativa y su constante disposición para proporcionar los recursos necesarios han sido esenciales para el desarrollo y ejecución de esta investigación.

Manifestamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestro tutor, Dr. Rodrigo Guillin, por su orientación experta, su permanente apoyo y los conocimientos compartidos, los cuales han sido fundamentales para la realización de este trabajo investigativo.

De igual manera, extendemos nuestro agradecimiento al Ing. Alejandro Bósquez y al Dr. Joscelito Solano por su valioso asesoramiento a lo largo del proyecto, cuyas contribuciones resultaron significativas para la calidad del mismo.

Finalmente, agradecemos a la Ing. Isabel Paredes y a la Ing. Paola Guilcaso por su colaboración dentro del laboratorio durante la ejecución del trabajo de campo, apoyo que fue determinante para la culminación exitosa de esta investigación a Jhonatan Restrepo por su colaboración con la importación de las enzimas fitasas.

# ÍNDICE DE CONTENIDO


| CONTENIDO | pág. |
|---|---|
| CAPÍTULO I | 15 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1.2 PROBLEMA | 16 |
| 1.3 OBJETIVOS | 17 |
| 1.3.1. Objetivo General | 17 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 17 |
| 1.4 HIPÓTESIS | 18 |
| 1.4.1. Hipótesis Nula | 18 |
| 1.4.2. Hipótesis Alternativa | 18 |
| CAPITULO II | 19 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 19 |
| 2.1 Historia | 19 |
| 2.2 Coturnicultura | 19 |
| 2.2 Taxonomía | 19 |
| 2.3. Características morfológicas | 20 |
| 2.4. Sistema digestivo | 20 |
| 2.5. Generalidades del sistema reproductor de la hembra | 20 |
| 2.6. Sistemas de producción | 21 |
| 2.6.1. Equipo para ponedoras | 21 |
| 2.6.2. Consideraciones de las baterías para ponedoras | 21 |
| 2.6.3. Factores que influyen en la cría de codorniz | 21 |
| 2.6.4. Crianza en jaulas | 22 |
| 2.6.5. Características | 22 |
| 2.6.6. Manejo de ponedoras | 23 |
| 2.6.7. Producción de los huevos | 23 |
| 2.6.8. Formación del huevo | 23 |
| 2.7. Morfología del huevo | 24 |
| 2.7.1 Forma | 24 |
| 2.7.2. Peso y densidad. | 24 |

2.7.3. Color 24
2.7.4. Resistencia 25
2.7.5. Conservación y mercadeo 25
2.7. Alimentación de la codorniz 25
2.8. Minerales 26
2.9. Requerimientos 26
2.10. Aprovechamiento del fosforo en las aves 26
2.9. Enzimas 27
2.10. Tipo de Sustrato 27
2.11. Fitato 28
2.12. Fitasas 28
2.13. Fitasas de origen Microbiano 29
2.15. Fitasas Fúngicas 30
2.16. Fitasas bacterianas 30
2.17. Efecto de las Fitasas 30
2.18. Beneficio medioambiental en la producción avícola. 31
CAPITULO III 32
3. MARCO METODOLÓGICO 32
3.1. Ubicación y características de la ubicación 32
3.2. Localización de la investigación 32
3.3. Situación geográfica y climática 33
3.4. Zona de vida. (zonificación ecológica) 33
3.2. Metodología 33
3.2.1. Material experimental 33
3.2.2. Factor de estudio 33
3.2.3. Tratamientos 34
3.2.4. Procedimiento 34
3.2.4. Descripción Técnica del Ensayo 34
3.2.5. Tipo de diseño experimental o estadístico 35
3.2.6. Tipos de análisis 35
3.2.8. Métodos de evaluación y datos a tomarse 35
3.2.8.1. Parámetros nutricionales 35

3.2.8.2. Composición de las heces 35
3.2.8.3. Cantidad de huevos 36
3.2.9. Manejo del experimento 36
CAPÍTULO IV 37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 37
4.1. Producción de huevos 37
4.2. Análisis de normalidad y Homogeneidad 38
4.3. Análisis la producción de Huevos 39
4.4. Calidad nutricional del huevo 39
4.5. Análisis de los parámetros del huevo 41
4.6. Concentración de minerales en los huevos y heces 43
4.7. Evaluación para los minerales en los huevos 44
4.8. Revisión de los minerales en las heces 48
4.9. Impacto de la suplementación 49
4.10. Análisis del Costo-Beneficio 52
4.11. Comprobación de la hipótesis 53
CAPÍTULO V 54
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 54
5.1. Conclusiones 54
5.2. Recomendaciones 55
BIBLIOGRAFÍA 56
ANEXOS

# ÍNDICE DE TABLAS


| N° | Detalle | pág. |
|---|---|---|
| Tabla 1. | Clasificación taxonómica de la codorniz | 19 |
| Tabla 2. | Ubicación geográfica del área de estudio | 32 |
| Tabla 3. | Caracterización geográfica y climática del área de estudio | 33 |
| Tabla 4. | Tratamientos aplicados con diferentes niveles de fitasa en la dieta | 34 |
| Tabla 5. | Diseño general del experimento y distribución de tratamientos | 34 |
| Tabla 6. | Producción diaria promedio de huevos por tratamiento | 37 |
| Tabla 7. | Cumplimiento de supuestos de normalidad y homogeneidad | 38 |
| Tabla 8. | ANOVA para la producción de Huevos | 39 |
| Tabla 9. | Parámetros de calidad nutricional del huevo (%) | 40 |
| Tabla 10. | ANOVA para parámetros nutricionales del huevo | 41 |
| Tabla 11. | Comparaciones Tukey | 42 |
| Tabla 12. | Concentración de minerales en huevo (mg/kg) | 43 |
| Tabla 13. | Resultados del ANOVA para minerales en huevo | 45 |
| Tabla 14. | Resultados de la prueba de Tukey para minerales en huevo | 46 |
| Tabla 15. | Concentración de fósforo y nitrógeno en heces | 47 |
| Tabla 16. | ANOVA para fósforo y nitrógeno en heces | 48 |
| Tabla 17. | Resultados de la prueba de Tukey para las heces | 48 |
| Tabla 18. | Impacto general de la suplementación | 49 |
| Tabla 19. | Síntesis del efecto por tratamiento | 50 |
| Tabla 20. | Costo – Beneficio de la granja en cuatro meses | 52 |

# ÍNDICE DE FIGURAS


| N° | Detalle | pág. |
|---|---|---|
| Figura 1. | Producción diaria promedio de huevos por tratamiento | 38 |
| Figura 2. | Parámetros de calidad nutricional del huevo (%) | 41 |
| Figura 3. | Concentración de minerales en huevo (mg/kg) | 44 |
| Figura 4. | Concentración de fósforo y nitrógeno en heces | 47 |

# ÍNDICE DE ANEXOS

N° Detalle

Anexo 1. Mapa de la ubicación de la investigación

Anexo 2. Croquis del ensayo

Anexo 3. Base de datos.

Anexo 4. Fotografías de la fase experimental

Anexo 5. Glosario de términos

# RESUMEN

El sector avícola ecuatoriano, particularmente la producción de huevos de codorniz, enfrenta desafíos relacionados con la eficiencia nutricional y la sostenibilidad ambiental, especialmente en lo referente a la disponibilidad del fósforo presente en forma de fitatos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con fitasas en la dieta de 160 codornices ponedoras (*Coturnix japónica*), distribuidas aleatoriamente en cuatro tratamientos: un grupo control sin fitasa y tres grupos suplementados con 40, 45 y 50 g/t de fitasa sólida. Se utilizó un diseño completamente al azar con análisis de varianza (ANOVA), pruebas de Tukey y evaluación bromatológica para determinar la calidad nutricional del huevo y la concentración de fósforo y nitrógeno en las heces. Los resultados mostraron que la inclusión de fitasa a 45 g/t generó la mayor producción diaria de huevos y el mayor contenido de proteína, mientras que la dosis de 50 g/t fue la más eficiente en reducir la excreción fecal de fósforo y nitrógeno, disminuyendo la carga ambiental. Además, todos los tratamientos suplementados mejoraron parámetros como grasa y fibra, elevando el valor nutricional del huevo. Estos hallazgos confirman que la fitasa es una herramienta biotecnológica eficaz para optimizar la digestibilidad de nutrientes, mejorar la eficiencia productiva y reducir el impacto ambiental en la producción de codornices. Se concluye que la suplementación enzimática no solo mejora el desempeño productivo y la calidad del huevo, sino que también promueve prácticas avícolas más sostenibles y económicamente viables en el contexto ecuatoriano.



**Palabras clave:** Codornices ponedoras, fitasas, producción de huevos, eficiencia alimenticia, sostenibilidad avícola.

## SUMMARY

The Ecuadorian poultry sector, particularly quail egg production, faces challenges related to nutritional efficiency and environmental sustainability, especially concerning the availability of phosphorus present in the form of phytates. This study aimed to evaluate the effect of phytase supplementation in the diet of 160 laying quails (Coturnix japonica), randomly distributed into four treatments: a control group without phytase and three groups supplemented with 40, 45, and 50 g/t of solid phytase. A completely randomized design was used, along with analysis of variance (ANOVA), Tukey tests, and bromatological evaluations to determine the nutritional quality of the eggs and the phosphorus and nitrogen concentrations in the feces. The results showed that the inclusion of phytase at 45 g/t resulted in the highest daily egg production and the greatest protein content, while the 50 g/t dose was most effective in reducing fecal phosphorus and nitrogen excretion, thus decreasing the environmental load. Furthermore, all supplemented treatments improved parameters such as fat and fiber, enhancing the nutritional value of the eggs. These findings confirm that phytase is an effective biotechnological tool for optimizing nutrient digestibility, improving productive efficiency, and reducing the environmental impact of quail production. It is concluded that enzymatic supplementation not only enhances productive performance and egg quality but also promotes more sustainable and economically viable poultry practices within the Ecuadorian context.



**Keywords:** Laying quails, phytase, egg production, feed efficiency, poultry sustainability.

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El sector avícola ha experimentado un notable crecimiento a nivel mundial, impulsado por el aumento en la demanda de productos de origen animal como fuente de proteínas. Sin embargo, esta expansión enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad ambiental, la eficiencia en la alimentación y la seguridad alimentaria. Dentro de la nutrición avícola, el fósforo es un mineral esencial, pero en los granos se encuentra principalmente en forma de fitatos, lo que dificulta su digestión por parte de las aves. Como resultado, su disponibilidad se ve reducida y se genera un impacto ambiental negativo debido a la excreción de fósforo no aprovechado (Farrell, 2013).

En América Latina, la industria avícola ha experimentado un crecimiento sostenido, destacándose Brasil, México y Colombia por su relevancia económica y generación de empleo. En Ecuador, aunque a menor escala, la avicultura —incluida la producción de huevos de codorniz— ha mostrado una expansión progresiva, impulsada por el aumento en la demanda de productos avícolas. Las unidades de producción se orientan actualmente hacia la eficiencia y sostenibilidad. En este marco, la inclusión de fitasas en la dieta aviar se presenta como una estrategia nutricional eficaz, al mejorar la biodisponibilidad de fósforo y reducir su excreción, favoreciendo así la sostenibilidad ambiental y económica del sector (Gutiérrez, 2019).

La inclusión de fitasas en la alimentación de codornices destinadas a la producción de huevos en Ecuador podría generar efectos positivos en diversos aspectos productivos y sanitarios. Estas aves se caracterizan por su elevada tasa de postura y eficiencia en la conversión alimenticia. Estos beneficios no solo optimizan la producción, sino que también representan una ventaja económica para los productores ecuatorianos. Analizar el efecto de las fitasas en la dieta de las codornices permitió desarrollar recomendaciones prácticas, promoviendo una avicultura más sostenible y rentable en el país (Villacis & Vizhco, 2016).

## 1.2 PROBLEMA

La escasez de información sobre la suplementación de fitasas en la dieta de codornices de producción de huevos obstaculiza el progreso eficiente y sostenible de la industria avícola. La falta de exploración completa de las fitasas como estrategia para mejorar la absorción de nutrientes, en especial el fósforo que limita la capacidad de los productores para optimizar la eficiencia productiva y reducir los costos asociados con la alimentación de las codornices.

Esta carencia de conocimiento representa un desafío significativo en la gestión nutricional de las codornices, ya que se ralentiza la producción y desacredita la calidad de los huevos. Además, el manejo ineficiente de los residuos avícolas presenta un dilema ambiental, ya que la acumulación sin una gestión adecuada puede tener consecuencias negativas para el entorno. La falta de prácticas estandarizadas y sostenibles para la gestión de estos residuos genera una amenaza potencial para el medio ambiente, destacando la necesidad urgente de encontrar soluciones que permitan equilibrar la eficiencia productiva con la responsabilidad ambiental.

Por lo tanto, es necesario abordar no solo la falta de conocimiento sobre la suplementación de fitasas en codornices y mejorar su rendimiento productivo y nutricional sino también minimizar su impacto ambiental, impulsando hacia una producción más sostenible y consciente.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la suplementación con fitasas en la dieta de codornices de producción de huevos.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad y calidad de huevos de grupos suplementados y no suplementados.
- Medir la concentración de Fósforo y Nitrógeno en las heces de los grupos de unidades experimentales, suplementadas con y sin fitasas.

## 1.4 HIPÓTESIS

### 1.4.1. Hipótesis Nula

La suplementación con fitasas en la dieta de codornices no tiene un efecto significativo en la producción de huevos.

### 1.4.2. Hipótesis Alternativa

La suplementación con fitasas en la dieta de codornices tiene un efecto significativo en la producción de huevos.

# CAPITULO II

# 2. MARCO TEÓRICO

## 2.1 Historia

La codorniz común (*Coturnix coturnix*) es un ave migratoria originaria de Asia, África y Europa. Dentro de esta especie, destacan dos subespecies principales: la codorniz europea (*Coturnix coturnix coturnix*) y la codorniz asiática o japonesa (*Coturnix coturnix japonica*), esta última solía migrar entre Europa y Asia antes de ser domesticada en China. Los primeros registros escritos sobre la domesticación de la codorniz en Japón se remontan al siglo XII. En un principio, estas aves eran criadas por su canto, pero su propósito cambió cuando se difundió la historia de que el emperador de Japón había superado la tuberculosis al consumir carne de codorniz. Este acontecimiento impulsó la producción masiva de carne y huevos de codorniz a finales del siglo XIX (Valle & Bustamante, 2015).

## 2.2 Coturnicultura

La coturnicultura es la actividad enfocada en la cría y producción de codornices para el aprovechamiento de sus productos, incluyendo la carne en diversas presentaciones los huevos en diferentes formas (liofilizados, fértiles y subproductos como plumas y excrementos como la codornaza (Ballesteros & Vásquez, 2008).

## 2.2 Taxonomía

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica de la codorniz*

| ***Coturnix coturnix coturnix*** | |
|---|---|
| Reino | Animal |
| Tipo | Vertebrado |
| Clase | Aves |
| Subclase | Carenadas |
| Orden | Gallináceas |
| Familia | Phasianidae |
| Género | *Coturnix* |
| Especie | *coturnix coturnix* |
| Nombre común | Codorniz salvaje |

## 2.3. Características morfológicas

La especie exhibe un marcado dimorfismo sexual. Los machos poseen un pecho de tonalidad marrón anaranjado sin motas oscuras, mientras que el patrón de coloración de la garganta es altamente variable y complejo. Generalmente, presentan una marca en forma de áncora de color marrón o negro, mejillas claras y un collar marrón; sin embargo, algunos individuos pueden tener mejillas marrones o incluso negras. En contraste, las hembras tienen un pecho de color marrón crema con numerosas motas oscuras o negras, y su garganta carece del patrón en forma de áncora. Sus mejillas son claras, por lo general blancas (Puigcerver et al., 2022).

## 2.4. Sistema digestivo

El aparato digestivo de la codorniz comprende varias estructuras especializadas. La boca, con su pico en forma de tijera, permite la aprehensión del alimento. El esófago (10-14 cm) conduce al buche, que almacena el alimento y varía su desarrollo según la alimentación. El proventrículo, estómago glandular, y la molleja, de paredes musculares, facilitan la digestión mecánica. Los ciegos, en la unión con el intestino grueso, contribuyen a la síntesis de vitamina B. El intestino delgado es la sección más larga, mientras que el intestino grueso es corto y poco diferenciado. La cloaca actúa como conducto común para la digestión, excreción y reproducción (Ballesteros Chavarro & Vásquez Romero, 2008).

## 2.5. Generalidades del sistema reproductor de la hembra

El aparato reproductor de la codorniz hembra consta de un solo ovario y oviducto funcionales en el lado izquierdo, debido a una adaptación evolutiva. El ovario se ubica en la cavidad abdominal y está compuesto por médula, que contiene vasos sanguíneos y tejido conectivo, y córtex, donde se desarrollan los oocitos que formarán la yema de huevo. El oviducto, de color rosado pálido, se divide en cuatro partes: el infundíbulo, que capta la yema y permite la fertilización; el magnum, donde se secreta la clara; el istmo, donde se forman las membranas testáceas; y el útero, donde se desarrolla y pigmenta la cáscara del huevo antes de su expulsión (Pereira, 2020).

## 2.6. Sistemas de producción

### 2.6.1. Equipo para ponedoras

Este ambiente está diseñado para hembras ponedoras de huevos infecundos destinados a la comercialización. A partir de los 30 días, pueden permanecer en este espacio hasta el final de su vida productiva. La construcción del local debe ser similar a la de los reproductores. Las aves se alojarán en jaulas en baterías comerciales, con una densidad de 20 ponedoras por jaula (Valle Muñoz & Bustamante Castro, 2015).

### 2.6.2. Consideraciones de las baterías para ponedoras

Las jaulas en batería están equipadas con comederos, bebederos y bandejas recolectoras de excrementos. Son completamente metálicas y se recomienda que estén pintadas de blanco para optimizar la iluminación y facilitar su limpieza. El piso debe tener una apertura de 10 mm y contar con una inclinación adecuada para la recolección eficiente de los huevos. Las bandejas de excrementos deben instalarse a una distancia mínima de 5 cm del suelo. En un galpón diseñado para la cría de 1,000 gallinas ponedoras, es posible albergar hasta 5,000 codornices, con una densidad de 37.5 aves por metro cuadrado (Valle Muñoz & Bustamante Castro, 2015).

### 2.6.3. Factores que influyen en la cría de codorniz

El pesaje debe iniciarse desde el primer día de vida y realizarse semanalmente para monitorear la alimentación, la uniformidad y la necesidad de selección. La temperatura ideal en el primer día es de 37-38°C, reduciéndose gradualmente hasta alcanzar la temperatura ambiente, preferiblemente con calentadores automáticos. El agua es esencial, ya que las aves consumen el doble de agua en relación con el alimento, por lo que debe renovarse constantemente y provenir de fuentes controladas. El alimento inicial debe tener una granulometría fina para garantizar un consumo uniforme y equilibrado (Osvaldo Esperança, 2010).

### 2.6.4. Crianza en jaulas

El confinamiento en jaulas es una opción recomendada para optimizar la eficiencia en espacios reducidos y alojar un mayor número de aves. Aunque requiere una inversión inicial elevada y costos de mantenimiento, ofrece ventajas en el manejo. Para facilitar el desplazamiento de los huevos, se emplea una inclinación de 5 grados (sistema roll way). Las jaulas están diseñadas con dimensiones estandarizadas (90 cm de largo × 60 cm de ancho × 25 cm de alto) para ser apiladas en estructuras tipo batería, donde cada unidad alberga entre 15 y 20 aves. Estas baterías constan de 15 jaulas distribuidas en 5 niveles de 3 jaulas cada uno, permitiendo la cría de 225 a 300 codornices, dependiendo de la raza (Ballesteros Chavarro & Vásquez Romero, 2008).

### 2.6.5. Características

Las jaulas en batería utilizadas para la producción de codornices están provistas de equipamiento integral, incluyendo sistemas de alimentación, suministro de agua y bandejas recolectoras de excretas. Estas estructuras son completamente metálicas y, para maximizar la reflexión lumínica y facilitar las labores de limpieza y desinfección, se recomienda que cuenten con recubrimiento en pintura blanca. El enrejado del piso debe presentar aberturas de 10 mm y una inclinación adecuada que permita la recolección eficiente de los huevos sin comprometer el bienestar de las aves.

Las bandejas para la recolección de estiércol deben instalarse a una distancia mínima de 5 cm respecto al nivel del suelo para evitar acumulaciones que comprometan la bioseguridad. En instalaciones avícolas dimensionadas para albergar mil gallinas ponedoras, es técnicamente viable alojar hasta 5000 codornices, lo que representa una densidad poblacional de aproximadamente 37,5 aves por metro cuadrado (Valle Muñoz & Bustamante Castro, 2015).

### 2.6.6. Manejo de ponedoras

El peso óptimo de las codornices ponedoras debe oscilar entre 110 y 115 g. Las aves con bajo peso deben ser separadas para conformar lotes homogéneos. Si hay sobrepeso generalizado, se reduce la ración en un 10%; si el peso es insuficiente, se incrementa en igual proporción. La alimentación puede distribuirse manualmente en tres tomas diarias o automatizarse para mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio. En cuanto al agua, debe ser potable y, si proviene de fuentes naturales, tratarse con cloro y alumbre. Se recomienda realizar análisis bacteriológicos frecuentes y mantener el pH del agua entre 5,0 y 5,5 mediante acidificación, con el fin de evitar proliferación microbiana y preservar la salud aviar (Pereira, 2020).

### 2.6.7. Producción de los huevos

Bajo condiciones óptimas de manejo, la actividad de postura inicia alrededor de la quinta semana de vida, incrementándose progresivamente hasta alcanzar su estabilización hacia la décima semana. A partir de este punto, se espera un rendimiento productivo sostenido entre el 80 y 95% durante un periodo aproximado de 12 meses. Transcurrido este tiempo, las aves son destinadas al descarte y reemplazadas por nuevas reproductoras (Villacis & Vizhco, 2016).

### 2.6.8. Formación del huevo

Es un proceso fisiológico complejo que se extiende desde la ovulación hasta la ovoposición. Su calidad depende de la correcta síntesis y disposición de sus componentes, lo cual está estrechamente relacionado con una nutrición adecuada, bienestar ambiental y óptimo estado sanitario del ave. La yema se origina a partir de un folículo ovárico vascularizado, y tras la ovulación, es captada por el infundíbulo, donde puede ocurrir la fecundación. La formación del huevo continúa independientemente de la fecundación. Si esta ocurre, el desarrollo embrionario se detiene al momento de la puesta y se reinicia solo bajo condiciones óptimas de incubación, particularmente en cuanto a temperatura (Valle Muñoz & Bustamante Castro, 2015).

## 2.7. Morfología del huevo

### 2.7.1 Forma

Ovoide, las alteraciones en la forma del huevo pueden reflejar problemas reproductivos en las codornices. Los huevos redondeados suelen presentar una clara poco desarrollada, permitiendo que la yema mantenga su forma esférica. Los de forma alargada tienden a superar el peso promedio. En casos más extremos, los huevos con morfología tubular, poco comunes, pueden ser consecuencia de salpingitis, mostrando ausencia de yema o una proporción anormal entre yema y clara (Ballesteros Chavarro & Vásquez Romero, 2008).

### 2.7.2. Peso y densidad.

El peso promedio del huevo es de 10 gramos, aunque puede variar entre 2 y 5 gramos. Este parámetro influye en su capacidad de incubación, ya que está asociado al grosor de la cáscara y su resistencia a fracturas. Por otro lado, la densidad del huevo también es un indicador clave para evaluar su incubabilidad, la cual disminuye progresivamente entre los días 10 y 21 post-ovoposición, influenciada por factores ambientales como la humedad y la temperatura (Valle Muñoz & Bustamante Castro, 2015).

### 2.7.3. Color

La pigmentación del huevo depende del tipo de pigmento incluido en la dieta y se manifiesta como una delgada película que forma parte de la cutícula, generalmente con manchas marrón oscuro sobre la cáscara. Esta coloración puede variar: una pigmentación intensa se asocia con huevos normales, mientras que una pigmentación puntiforme o despigmentada suele indicar ciclos de ovulación y postura acelerados, lo que afecta la deposición adecuada del pigmento (Ballesteros Chavarro & Vásquez Romero, 2008).

### 2.7.4. Resistencia

La resistencia del huevo es un factor crucial para su manipulación y transporte, con valores normales entre 1 y 3 kg-fuerza, medidos mediante texturómetro. Esta propiedad está influenciada por el contenido de calcio, fósforo y vitamina D en la dieta. Cabe destacar que la resistencia no depende exclusivamente de la cáscara, sino principalmente de la membrana interna que la recubre, la cual aporta gran parte de la firmeza estructural del huevo (Villacis & Vizhco, 2016).

### 2.7.5. Conservación y mercadeo

Desde el momento de la postura, el huevo comienza a perder humedad, por lo que su almacenamiento debe limitarse a un máximo de 15 días, a pesar de que su vida útil pueda extenderse hasta un mes. La disminución de la calidad interna está directamente relacionada con la pérdida de agua y dióxido de carbono, acelerada por temperaturas elevadas. La salida de $CO_2$ incrementa la alcalinidad interna, afectando el sabor del huevo. En estado fresco, el pH es neutro y la albúmina se muestra densa, clara y consistente, pero con el tiempo, esta se vuelve más fluida, lo que permite evaluar la calidad al quebrar el huevo sobre una superficie plana (Ballesteros Chavarro & Vásquez Romero, 2008).

## 2.7. Alimentación de la codorniz

Las codornices, debido a su rápido desarrollo y elevada productividad, requieren una dieta con un contenido proteico superior al 22%. Su consumo diario promedio es de 25 gramos. Es importante distinguir entre los alimentos simples y los concentrados. Por ejemplo, el maíz es considerado un alimento simple, ya que no aporta todos los nutrientes necesarios para que las aves mantengan una producción continua de huevos. Este grano es abundante en carbohidratos, pero presenta deficiencias en proteínas, vitaminas y minerales. Para equilibrar estas carencias, es fundamental complementar la dieta con otros alimentos simples ricos en proteínas, como la harina de soya, la de girasol, y también fuentes minerales como la harina de hueso y la conchilla, las cuales suministran calcio y fósforo (Buenaño, 2016).

## 2.8. Minerales

Los minerales más importantes en la alimentación de la codorniz incluyen calcio, fósforo, magnesio, manganeso, zinc, hierro, cobre, cobalto, yodo, sodio, cloro, potasio, azufre, molibdeno y selenio. En estudios de nutrición enfocados en aves ponedoras, se recomienda que el nivel de calcio en la dieta oscile entre el 1.50% y el 2.10%. Para aves en etapa de crecimiento, suele considerarse adecuada una proporción calcio-fósforo de 2:1; sin embargo, investigaciones más recientes sugieren que una relación equilibrada de 1:1, con contenidos del 0.8% y 0.9% de calcio y fósforo respectivamente, puede ser más beneficiosa (Buenaño, 2016).

## 2.9. Requerimientos

Si se opta por elaborar un concentrado propio, es fundamental considerar los requerimientos nutricionales específicos de las codornices ponedoras. Aunque todavía se están desarrollando investigaciones para establecer con precisión las necesidades energéticas, proteicas, de aminoácidos, vitaminas y minerales, se recomienda realizar un control riguroso de cada lote de alimento elaborado. Este control debe contemplar tanto la calidad nutricional como la inocuidad microbiológica. Durante el período de engorde, que se extiende por aproximadamente 30 días, las codornices deben tener acceso suficiente al alimento para favorecer una ganancia de peso rápida y eficiente (Heredia, 2012).

## 2.10. Aprovechamiento del fosforo en las aves

El fósforo es un mineral esencial en las aves, ya que participa en el metabolismo energético, la formación de huesos y la estructura del cascarón del huevo. Además, es componente de los fosfolípidos de las membranas celulares y actúa como regulador del pH. En los vegetales, se encuentra mayormente en forma de ácido fítico, compuesto por radicales de ácido fosfórico que se unen fácilmente a cationes como hierro, calcio, cobre y zinc, lo que dificulta su absorción. En los animales monogástricos, como aves y cerdos, la falta de enzimas digestivas para descomponer los fitatos en el intestino limita la biodisponibilidad del fósforo y otros minerales esenciales (Sarmiento et al., 2016).

Aunque las aves tienen una ligera actividad fitásica, la mayoría del fósforo presente en los alimentos vegetales —especialmente en cereales y soya— se encuentra en forma de fitatofósforo, de baja utilización. Algunos ingredientes como el trigo y el centeno poseen enzimas naturales que ayudan parcialmente en la digestión de fitatos. Sin embargo, gran parte del fósforo consumido es excretado, lo que contribuye a la contaminación ambiental, ya que puede acumularse en suelos o filtrarse hacia cuerpos de agua por erosión o infiltración. Por ello, el manejo adecuado del fósforo en la dieta es crucial tanto para la eficiencia productiva como para la sostenibilidad ambiental (Sarmiento et al., 2016).

## 2.11. Enzimas

A lo largo del tiempo, las personas han empleado enzimas en la elaboración de alimentos, incluso sin conocer a fondo sus propiedades. En la nutrición animal, estas enzimas se obtienen principalmente a partir de microorganismos como bacterias, hongos y levaduras. Su función como catalizadores biológicos permite acelerar las reacciones químicas hasta un millón de veces en comparación con los procesos naturales. Entre las enzimas hidrolasas más relevantes como aditivos alimenticios se encuentran las fosfatasas (como la fitasa), las glucosidasas (carbohidrasas) y las proteasas, que mejoran la digestibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes en los animales (Ramírez, 2014).

## 2.12. Tipo de Sustrato

Comprender cómo actúan las enzimas implica analizar la interacción entre éstas y los sustratos presentes en la dieta. La selección de una enzima específica depende del tipo de sustrato que se desea degradar. En términos generales, los sustratos pueden agruparse en tres categorías: aquellos que los animales monogástricos pueden digerir mediante enzimas que ellos mismos producen, como almidones, proteínas y lípidos, aunque en situaciones como el estrés o en animales jóvenes, la producción puede ser insuficiente; aquellos que los animales no pueden digerir por falta de enzimas específicas, como la celulosa, cuya digestión es muy limitada; y finalmente, los sustratos que, además de ser indigeribles, tienen efectos antinutricionales, como los fitatos (Nagashiro, 2007).

## 2.13. Fitato

La acción enzimática se basa en la interacción específica entre la enzima y el sustrato. La elección de la enzima adecuada depende del tipo de sustrato presente en la dieta. En monogástricos, algunos compuestos como almidón, proteínas y lípidos son digeridos por enzimas endógenas; sin embargo, en animales jóvenes o bajo estrés, su producción puede ser insuficiente, afectando la digestión.

Otros sustratos no pueden ser degradados por enzimas propias del animal, como la celulosa, que es prácticamente indigerible en monogástricos. Además, existen compuestos como los fitatos que, además de no ser digeribles, ejercen efectos antinutricionales al interferir con la absorción de minerales esenciales (Baudes et al., 2017).

## 2.14. Fitasas

La acción enzimática está determinada por la especificidad entre la enzima y su sustrato, siendo este vínculo esencial para la eficiencia digestiva en animales monogástricos. La selección de enzimas exógenas en la nutrición animal depende directamente de la naturaleza química del sustrato que se desea degradar. En condiciones normales, estos animales son capaces de sintetizar enzimas digestivas para metabolizar macronutrientes como almidón, lípidos y proteínas (Acosta et al., 2007).

No obstante, en situaciones fisiológicas particulares —como en fases tempranas de desarrollo o en estados de estrés— la secreción endógena de enzimas puede ser limitada, disminuyendo la digestión y absorción de nutrientes. Además, existen componentes estructurales como la celulosa, cuyos enlaces β-glucosídicos no pueden ser hidrolizados por enzimas propias de los monogástricos, lo que los convierte en sustratos de baja o nula disponibilidad biológica (Vielma et al., 2013).

Finalmente, ciertos compuestos presentes en materias primas vegetales, como los fitatos, no solo resultan indigeribles. Este fenómeno reduce la biodisponibilidad mineral en la dieta, razón por la cual se recurre al uso de enzimas específicas como la fitasa para mejorar la eficiencia nutricional y reducir los efectos negativos asociados a estos compuestos (Acosta et al., 2007).

## 2.15. Fitasas de origen Microbiano

Una de ellas es sintetizada en la mucosa del intestino, y la otra es generada por el microbiota residente en el tracto gastrointestinal. La actividad de estas enzimas microbianas se concentra principalmente en el intestino grueso. Aunque logran hidrolizar los fitatos y liberar fósforo en forma inorgánica, este mineral no es absorbido eficientemente y es eliminado casi por completo en las heces. Las fitasas también permiten la liberación de otros nutrientes ligados al fitato, como calcio, magnesio, zinc, hierro, cobre, así como carbohidratos, proteínas y aminoácidos. La inclusión de fitasas exógenas en la dieta mejora la utilización del fósforo, favoreciendo el crecimiento y la eficiencia alimenticia, al tiempo que contribuye a reducir la excreción de fósforo al medio ambiente (Osorio, 2021).

La capacidad de las fitasas se evalúa mediante las Unidades de Actividad de Fitasa (FTU), las cuales representan la cantidad de enzima necesaria para liberar 1 micromol de fósforo inorgánico a partir de 1,5 micromoles de fitato de sodio por minuto. El medio ácido favorece la solubilización del fitato, mientras que un mayor contenido de materia seca mejora la interacción enzima-sustrato. En torno a un pH de 4, el fitato forma sales insolubles con minerales como calcio, zinc, hierro y cobre, siendo estos complejos más frecuentes a pH cercanos a 6 (Aguilar et al., 2018).

Las fitasas mantienen una actividad óptima a un pH de 3,0, pero alcanzan su máxima eficacia en ambientes altamente ácidos, entre 1,0 y 2,5, condiciones que se encuentran principalmente en el proventrículo y la molleja. En esta fase, la solubilidad del fitato es máxima, lo que favorece la liberación de fósforo. A medida que el alimento progresa hacia el duodeno y el intestino delgado, el pH se eleva, permitiendo una mayor absorción del fósforo liberado. Sin embargo, en los tramos finales del intestino, los fitatos remanentes tienden a volverse insolubles, reduciendo la eficacia enzimática en esta etapa del tracto digestivo (Vielma et al., 2013).

## 2.16. Fitasas Fúngicas

Las fitasas originadas en hongos del género Aspergillus son ampliamente empleadas en la industria para la producción de enzimas destinadas a la nutrición animal. Este tipo de fitasa presenta una doble zona de actividad óptima en cuanto al pH: una primera entre 2,5 y 3,0, y una segunda, alrededor de 5,5, siendo su máxima eficiencia enzimática observada a pH 5. La temperatura óptima para su funcionamiento se sitúa cerca de los 60 °C, mientras que pierde completamente su actividad en ambientes con pH superiores a 7 (Osorio, 2021).

## 2.17. Fitasas bacterianas

Las fitasas de origen bacteriano se producen en diversos microorganismos, entre ellos Aerobacter aerogenes, Bacillus subtilis, Klebsiella aerogenes, Pseudomonas spp., Klebsiella pneumoniae y Escherichia coli. Dentro de este grupo, la fitasa de E. coli destaca por su alta estabilidad térmica y resistencia a la degradación por enzimas proteolíticas, características que superan a las observadas en las fitasas de origen fúngico. Esta resistencia mejora la disponibilidad del fósforo en la dieta, lo cual ha sido confirmado por un mayor grado de mineralización ósea, particularmente en la tibia de pollos de engorde (Bonilla, 2018).

## 2.18. Efecto de las Fitasas

El ácido fítico se vincula con proteínas, almidón y minerales, actuando como un compuesto anti nutricional que limita la disponibilidad de nutrientes esenciales en dietas basadas en ingredientes vegetales. La aplicación de fitasas permite liberar estos nutrientes, mejorando la digestibilidad de la energía, aminoácidos y minerales, especialmente fósforo, lo que contribuye a optimizar la formulación del alimento y reduce la necesidad de suplementar con fósforo inorgánico (Guerrero et al., 2007).

La acción de la fitasa sobre el fitato libera no solo fósforo, sino también calcio, carbohidratos y aminoácidos, lo que disminuye los costos de alimentación y mejora la eficiencia digestiva sin comprometer el rendimiento productivo de los animales. La flora microbiana puede incrementar la disponibilidad del fósforo en la dieta hasta en un 25% y 15%, respectivamente (Villacis & Vizhco, 2016).

Además de los beneficios nutricionales, el uso de fitasas en las dietas de monogástricos reduce significativamente la excreción de fósforo hacia el ambiente, con disminuciones que oscilan entre el 25 y 50%. Esta reducción no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también genera un ahorro económico en la producción avícola, con una reducción del costo del alimento estimada entre 0.5 y 5 dólares por tonelada (Aguilar et al., 2018).

## 2.19. Beneficio medioambiental en la producción avícola.

La suplementación con fitasas en dietas para monogástricos, especialmente en aves, representa una herramienta clave para mejorar el aprovechamiento del fósforo presente en ingredientes vegetales, comúnmente ligado a fitatos de baja biodisponibilidad. Esta enzima, al ser añadida de forma exógena, mejora el rendimiento productivo y reduce la necesidad de fuentes de fósforo inorgánico, contribuyendo así a una nutrición más eficiente y sostenible dentro de la industria avícola (Díaz, 2004)

Desde la perspectiva veterinaria, el enfoque de avicultura de precisión cobra relevancia al buscar una gestión más eficiente de los recursos nutricionales. La aplicación estratégica de fitasas permite disminuir significativamente la excreción de fósforo, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo sistemas de producción más responsables. Esta integración no solo optimiza el rendimiento zootécnico, sino que también se alinea con metas ambientales y sociales, consolidando a la avicultura de precisión como un modelo integral de producción (Coello, 2021).

# CAPITULO III

# 3. MARCO METODOLÓGICO

## 3.1. Ubicación y características de la ubicación

El proyecto de investigación se ejecutó en el Cantón San Miguel de Bolívar, específicamente en la Parroquia San Pablo de Atenas, se llevó a cabo la fase experimental bajo condiciones controladas de manejo y alimentación. mientras que los análisis de laboratorio fueron realizados en el Laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Estatal de Bolívar, perteneciente al Vicerrectorado de Investigación y Vinculación, ubicado en el Campus Laguacoto, en la ciudad de Guaranda, a la altura del kilómetro 1 ½ de la vía a San Simón.

## 3.2. Localización de la investigación

**Tabla 2.**

*Ubicación geográfica del área de estudio*

| | **Descripción** |
|---|---|
| País | Ecuador |
| Provincia | Bolívar |
| Cantón | San Miguel |
| Parroquia | San Pablo de Atenas |

## *3*.3. Situación geográfica y climática

**Tabla 3.**

*Caracterización geográfica y climática del área de estudio*

| **Coordenadas GPS** | |
|---|---|
| Latitud | -1.88245 |
| Longitud | -79.03306 |
| **Condiciones meteorológicas** | |
| Altitud | 2.414 m.s.n.m. |
| Temperatura máxima | 18 º C |
| Temperatura media | 14 º C |
| Temperatura mínima | 10 º C |
| Precipitación promedio anual | 632 mm/año |
| Humedad relativa promedio anual | 75 % |

## 3.4. Zona de vida. (zonificación ecológica)

Con base en la clasificación de las zonas de vida propuesta por Holdridge (1967). el área de estudio se corresponde con la categoría de Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-mb).

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Material experimental

- 160 codornices hembras de la raza Coturnix japóinica
- Enzimas “Fitasas”

### 3.2.2. Factor de estudio

Niveles de fitasa sólida que se agregara al balanceado comercial.

### 3.2.3. Tratamientos

**Tabla 4.**

*Tratamientos aplicados con diferentes niveles de fitasa en la dieta*

| Tratamientos | Descripción |
|---|---|
| T0 | Balanceado comercial, sin fitasa (control) |
| T1 | Balanceado comercial + Fitasa sólida 40gr/t (0.28gr/7días) |
| T2 | Balanceado comercial + Fitasa sólida 45gr/t (0.32gr/7días) |
| T3 | Balanceado comercial + Fitasa sólida 50gr/t (0.36gr/7días) |

### 3.2.4. Procedimiento

**Tabla 5.**

*Diseño general del experimento y distribución de tratamientos*

| Ítem | N° |
|---|---|
| Localidad | 1 |
| Tratamientos | 4 |
| N° de unidades experimentales | 40 |
| N° de unidades experimentales por tratamiento | 10 |
| Repeticiones por tratamiento | 4 |
| Número total de unidades experimentales | 160 |

### 3.2.4. Descripción Técnica del Ensayo

A una dieta específica para codornices en la fase de postura se incorporó niveles óptimos de fitasas. La suplementación se basó en estándares nutricionales y se ajustará para cumplir con los requerimientos específicos de las codornices en producción de huevos en esta etapa. Se formaron grupos aleatoriamente

suplementados y no suplementado. Mediante análisis de laboratorio se medió la calidad de los huevos considerando las características nutricionales de huevos en los diferentes grupos experimentales. La cantidad de huevos producidos por cada grupo se registró diariamente evaluando de esta manera el impacto de la suplementación de fitasas en la producción. Se recopiló muestras de heces de cada grupo durante el estudio experimental, un estudio bromatológico nos ayudó a medir la alteración existente en la excreción de minerales.

### 3.2.5. Tipo de diseño experimental o estadístico

El diseño completamente al azar (DCA)

### 3.2.6. Tipos de análisis

- Análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medidas de calidad y cantidad de huevos entre los grupos de aves
- Mediante un estudio bromatológico, se pueden encontrar minerales (fósforo y nitrógeno) presentes en las heces
- Prueba de rangos múltiples (Tukey)
- Análisis en relación al costo-beneficio

### 3.2.8. Métodos de evaluación y datos a tomarse

#### 3.2.8.1. Parámetros nutricionales

La concentración de grasa se determinó mediante el método AOAC 2003.06, mientras que el contenido de humedad se analizó con el método AOAC 925.10. La cuantificación de cenizas se realizó con el método AOAC 923.03, y el contenido de fibra se evaluó conforme al método INEN 783. Para la determinación de Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc y Fósforo, se empleó la espectrometría de absorción atómica.

#### 3.2.8.2. Composición de las heces

El porcentaje de nitrógeno se determinó mediante el método de combustión, y la cuantificación de fósforo se llevó a cabo mediante espectrometría UV-VIS.

#### 3.2.8.3. Cantidad de huevos

Datos diarios de la cantidad de huevos producidos por cada grupo de tratamiento.

### 3.2.9. Manejo del experimento

La adaptación y asignación de las codornices comprendió en instalarlas al nuevo ambiente y las nuevas dietas suplementadas con fitasas durante un período controlado. Las aves fueron asignadas aleatoriamente a los diferentes grupos, suplementados con fitasas y no suplementado. La administración de dietas y registro diario se lo realizó de manera controlada proporcionando la dieta suplementada y no suplementada a cada grupo experimental respectivamente, se registró observaciones relevantes sobre la salud y comportamiento de las codornices y su producción.

En cuanto a la recopilación de huevos y medición de calidad se realizó mediante el conteo diario de huevos durante 42 días en el pico más alto de producción de las aves durante el periodo experimental, tanto las muestras de los huevos y de las heces para el respectivo análisis en el laboratorio, fueron recolectadas y preparadas para realizar su análisis de calidad y ciertas características nutricionales de minerales acorde a los requerimientos solicitados por el laboratorio, siendo una cantidad de 200gr por tratamiento.

Todas las actividades fueron llevadas a cabo de acuerdo con los estándares éticos y de bienestar animal que comprende este tipo de producción avícola. Se implementó medidas para garantizar la comodidad y salud de las codornices durante todo el experimento. Para el manejo de residuos se implementaron prácticas seguras y responsables con el medio ambiente, especialmente en la disposición de las heces y otros desechos del experimento.

# CAPÍTULO IV

# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Producción de huevos

La producción diaria promedio de huevos mostró un incremento progresivo con la inclusión de fitasas, tal y como se muestra a continuación:

**Tabla 6.**

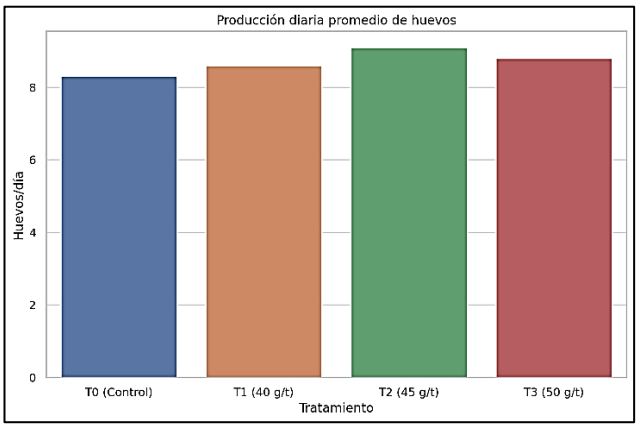
*Producción diaria promedio de huevos por tratamiento*

| Tratamiento | Promedio huevos/día | Variación % respecto a T0 |
|---|---|---|
| T0 (Control) | 8.3 | — |
| T1 (40 g/t) | 8.6 | +3.6% |
| T2 (45 g/t) | 9.1 | +9.6% |
| T3 (50 g/t) | 8.8 | +6.0% |

El tratamiento T2 (45 g/t) registró la mayor producción con un promedio de 9.1 huevos diarios, representando un incremento del 9.6% respecto al grupo control T0, mientras que T3 (50 g/t) alcanzó 8.8 huevos/día (+6.0%) y T1 (40 g/t) obtuvo 8.6 huevos/día (+3.6%), lo que demuestra un efecto positivo de la fitasa sobre el rendimiento productivo. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Khan et al. (2021), quienes evidenciaron que la inclusión de fitasa en dietas aviares mejora significativamente la disponibilidad de fósforo y, en consecuencia, la eficiencia productiva. De igual forma, Torres-Martínez et al. (2020) destacaron que niveles óptimos de fitasa incrementan la deposición de nutrientes esenciales y optimizan la postura en codornices, sin comprometer la salud intestinal ni la calidad del huevo.

**Figura 1.**

*Producción diaria promedio de huevos por tratamiento*




## 4.2. Análisis de normalidad y Homogeneidad

**Tabla 7**

*Cumplimiento de supuestos de normalidad y homogeneidad*

| Variable | Shapiro-Wilk | Normalidad | Levene | Homogeneidad |
|---|---|---|---|---|
| Producción de huevos | 0.284 | Sí | 0.317 | Sí |
| Proteína | 0.182 | Sí | 0.289 | Sí |
| Grasa | 0.250 | Sí | 0.416 | Sí |
| Fibra | 0.311 | Sí | 0.287 | Sí |
| Humedad | 0.389 | Sí | 0.402 | Sí |
| Ceniza | 0.204 | Sí | 0.371 | Sí |
| Calcio en huevo | 0.221 | Sí | 0.275 | Sí |
| Fósforo en huevo | 0.173 | Sí | 0.346 | Sí |
| Hierro en huevo | 0.267 | Sí | 0.308 | Sí |
| Zinc en huevo | 0.196 | Sí | 0.291 | Sí |
| Nitrógeno en heces | 0.227 | Sí | 0.395 | Sí |
| Fósforo en heces | 0.309 | Sí | 0.359 | Sí |

La evaluación de la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk arrojó valores de p superiores a 0.05 en todas las variables analizadas. Este resultado indica que los datos correspondientes a la producción de huevos, parámetros nutricionales (proteína, grasa, fibra, humedad y ceniza), así como a los contenidos minerales en huevo y heces (calcio, fósforo, hierro, zinc y nitrógeno), se distribuyen de manera aproximadamente normal.

Adicionalmente, la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene evidenció valores de p también mayores a 0.05 en cada uno de los casos, lo cual confirma que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los grupos evaluados. En consecuencia, se cumple con el supuesto de homocedasticidad, condición necesaria para la aplicación válida del análisis de varianza.

### 4.3. Análisis la producción de Huevos

**Tabla 8.**

*ANOVA para la producción de Huevos*

| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | gl | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 26.93 | 3 | 9.08 | 0.000007**** |
| Residual | 534.04 | 540 | — | — |

El análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p = 0.000007). Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que al menos uno de los tratamientos genera un efecto diferente en la producción diaria de huevos. +

### 4.4. Calidad nutricional del huevo

Se evaluaron los parámetros físicos y nutricionales: proteína, grasa, humedad, ceniza y fibra, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 9.**

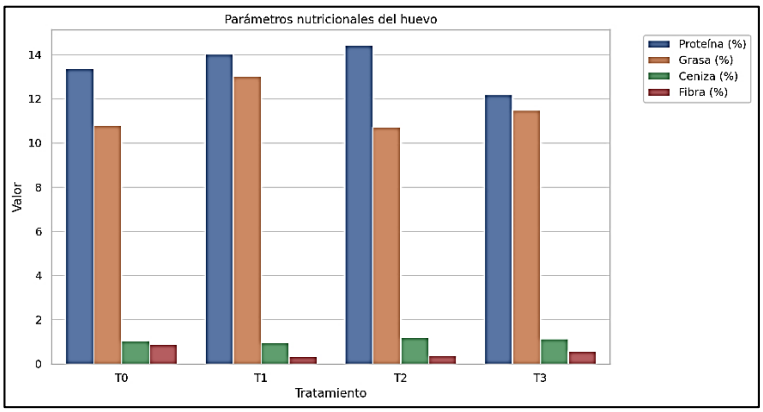
*Parámetros de calidad nutricional del huevo (%)*

| Tratamiento | Proteína (%) | Grasa (%) | Humedad (%) | Ceniza (%) | Fibra (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| T0 | 13.38 | 10.80 | 71.19 | 1.05 | 0.90 |
| T1 | 14.03 | 13.03 | 70.79 | 0.98 | 0.34 |
| T2 | 14.41 | 10.72 | 70.75 | 1.20 | 0.39 |
| T3 | 12.19 | 11.48 | 70.97 | 1.14 | 0.58 |

Los tratamientos T1 y T2 destacaron por su mayor concentración de proteína en el huevo, con valores de 14.03% y 14.41% respectivamente, lo cual representa una mejora significativa en el perfil nutricional. Además, T1 presentó el contenido más alto de grasa (13.03%) y el valor más bajo de fibra (0.34%), lo que sugiere una mayor densidad energética y mejor digestibilidad del alimento. En cuanto al contenido mineral, el tratamiento T2 mostró el mayor nivel de cenizas (1.20%), seguido de T3 (1.14%), lo que refleja una mayor disponibilidad de micronutrientes. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Salim et al. (2020), quienes señalan que la inclusión de fitasa en dietas balanceadas mejora la biodisponibilidad de nutrientes y promueve una mayor eficiencia en el metabolismo proteico y mineral en aves. Asimismo, de acuerdo con Rehman et al. (2021), una adecuada suplementación enzimática puede incrementar la absorción de minerales esenciales, mejorando la calidad nutricional del huevo sin alterar sus parámetros físicos.

**Figura 2.**

*Parámetros de calidad nutricional del huevo (%)*




## 4.5. Análisis de los parámetros del huevo

El análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para proteína, grasa, ceniza y fibra. La humedad no presentó diferencias relevantes.

**Tabla 10**

AN*OVA para parámetros nutricionales del huevo*

| Variable | F-valor | p-valor | Significancia |
|---|---|---|---|
| Proteína | 4.91 | 0.015 | * |
| Grasa | 9.87 | 0.002 | ** |
| Ceniza | 5.45 | 0.011 | * |
| Humedad | 1.32 | 0.295 | Ns |
| Fibra | 7.23 | 0.004 | ** |

El análisis de varianza evidenció que los tratamientos produjeron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de proteína, grasa, ceniza y fibra, siendo la grasa la variable con mayor nivel de significancia ($p = 0.002$), lo que resalta su sensibilidad frente a la suplementación con fitasa. Por el contrario, la humedad no mostró diferencias relevantes entre grupos ($p = 0.295$), lo cual indica

que este parámetro se mantiene estable ante variaciones en la dieta. Estos resultados coinciden con lo señalado por Shafey et al. (2020), quienes afirman que la inclusión de fitasa puede modificar la composición proximal del huevo, especialmente en lípidos y proteínas, mejorando su valor nutricional sin alterar la retención hídrica. Además, Zhang et al. (2021) sostienen que el uso de enzimas exógenas en avicultura genera una respuesta positiva en la síntesis de macronutrientes clave como proteínas y grasas, lo que optimiza el rendimiento productivo y la calidad del alimento.

**Tabla 11.**

*Comparaciones Tukey*

| Variable | Tratamiento | Media | Grupo Tukey |
|---|---|---|---|
| Proteína | T2 | 14.41 | A |
| | T1 | 14.03 | AB |
| | T0 | 13.38 | B |
| | T3 | 12.19 | C |
| Grasa | T1 | 13.03 | A |
| | T3 | 11.48 | B |
| | T0 | 10.80 | C |
| | T2 | 10.72 | C |
| Ceniza | T2 | 1.20 | A |
| | T3 | 1.14 | AB |
| | T0 | 1.05 | B |
| | T1 | 0.98 | B |
| Fibra | T0 | 0.90 | A |
| | T3 | 0.58 | B |
| | T2 | 0.39 | C |
| | T1 | 0.34 | C |

Las pruebas de Tukey confirmaron diferencias significativas entre los tratamientos, destacándose T1 y T2 por sus mayores concentraciones de proteína y grasa en comparación con T3, mientras que T2 se diferenció estadísticamente de T1 en el contenido de ceniza. En cuanto a la fibra, el grupo control (T0) presentó valores superiores a T1, lo que sugiere una menor eficiencia digestiva en este último. Estos resultados respaldan el efecto diferenciado de la suplementación con fitasa en los componentes nutricionales del huevo, en línea con lo expuesto por Adeola (2020), quien sostiene que las enzimas exógenas modulan la digestibilidad y la retención de nutrientes de forma específica, dependiendo del nivel de inclusión y del sustrato disponible en la dieta.

### 4.6. Concentración de minerales en los huevos y heces

Se cuantificaron cinco minerales esenciales en los huevos: calcio, fósforo, hierro, zinc y magnesio, a partir de muestras representativas obtenidas por tratamiento. Los análisis se realizaron mediante espectrofotometría, expresando los resultados en miligramos por kilogramo (mg/kg):

**Tabla 12.**

*Concentración de minerales en huevo (mg/kg)*

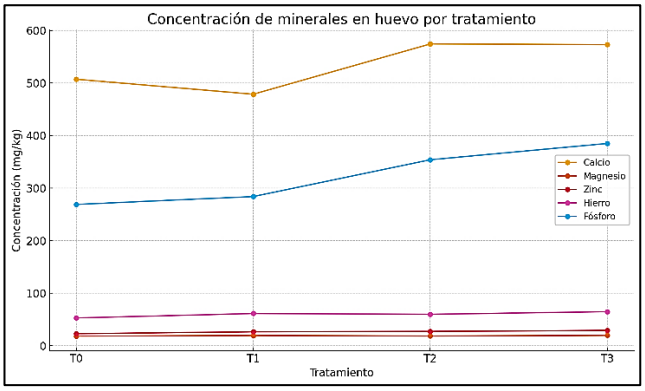
| Tratamiento | Calcio | Magnesio | Zinc | Hierro | Fósforo |
|---|---|---|---|---|---|
| T0 | 507.19 | 18.56 | 23.07 | 53.00 | 269 |
| T1 | 478.69 | 19.76 | 26.71 | 61.50 | 284 |
| T2 | 574.30 | 18.70 | 27.40 | 60.00 | 354 |
| T3 | 573.02 | 19.94 | 29.30 | 65.00 | 385 |

La concentración de minerales en huevo mostró una clara influencia de la suplementación con fitasa. El tratamiento T2 (45 g/t) presentó el mayor contenido de calcio (574.30 mg/kg) y un incremento notable en fósforo (354 mg/kg), lo que evidencia una mejora significativa en la retención de minerales esenciales. A su vez, el tratamiento T3 (50 g/t) se destacó por alcanzar las mayores concentraciones

de zinc (29.30 mg/kg) y hierro (65.00 mg/kg), además de mantener niveles elevados de fósforo (385 mg/kg), lo que sugiere un efecto acumulativo positivo de la fitasa en dosis altas. Por su parte, T1 (40 g/t) mostró una mejora intermedia, particularmente en magnesio (19.76 mg/kg) y hierro (61.50 mg/kg), mientras que el grupo control (T0) presentó los valores más bajos en todos los minerales evaluados, confirmando una limitada eficiencia en la absorción de micronutrientes sin suplementación. Estos resultados coinciden con lo reportado por Cowieson (2021), quien afirma que la fitasa mejora la biodisponibilidad de minerales esenciales al liberar compuestos quelados con el ácido fítico, favoreciendo su absorción y aprovechamiento en especies monogástricas como las aves.

**Figura 3.**

*Concentración de minerales en huevo (mg/kg)*




### 4.7. Evaluación para los minerales en los huevos

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre tratamientos en cada mineral. Posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey para establecer los grupos estadísticamente diferentes.

**Tabla 13.**

*Resultados del ANOVA para minerales en huevo*

| Mineral | F-valor | p-valor | Significancia |
|---|---|---|---|
| Calcio | 5.72 | 0.012 | * |
| Magnesio | 0.84 | 0.492 | Ns |
| Zinc | 6.89 | 0.007 | ** |
| Hierro | 4.53 | 0.019 | * |
| Fósforo | 8.44 | 0.003 | ** |

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas en la concentración de calcio ($p = 0.012$), zinc ($p = 0.007$), hierro ($p = 0.019$) y fósforo ($p = 0.003$) en los huevos, lo que evidencia que la suplementación con fitasa tiene un efecto positivo sobre la retención de estos minerales esenciales. En contraste, el magnesio no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.492$), lo que sugiere que su absorción no fue influenciada por la inclusión enzimática. Estos hallazgos están en concordancia con lo señalado por Walk (2020), quien destaca que la fitasa incrementa la disponibilidad de minerales como fósforo, hierro y zinc al liberar los nutrientes ligados a fitatos en la dieta, mejorando así la eficiencia metabólica y la calidad nutricional del huevo.

**Tabla 14.**

*Resultados de la prueba de Tukey para minerales en huevo*

| Variable | Tratamiento | Media | Grupo Tukey |
|---|---|---|---|
| Calcio | T2 | 574.30 | A |
| | T3 | 573.02 | A |
| | T0 | 507.19 | B |
| | T1 | 478.69 | C |
| Zinc | T3 | 29.30 | A |
| | T2 | 27.40 | AB |
| | T1 | 26.71 | B |
| | T0 | 23.07 | C |
| Hierro | T3 | 65.00 | A |
| | T1 | 61.50 | AB |
| | T2 | 60.00 | B |
| | T0 | 53.00 | C |
| Fósforo | T3 | 385.00 | A |
| | T2 | 354.00 | B |
| | T1 | 284.00 | C |
| | T0 | 269.00 | D |
| Magnesio | — | — | |

La prueba de Tukey evidenció que los tratamientos con fitasa generaron efectos significativos en la concentración de minerales en los huevos. El tratamiento T2 mostró la mayor retención de calcio (574.30 mg/kg), estadísticamente similar a T3, mientras que este último alcanzó los valores más altos de zinc (29.30 mg/kg) y hierro (65.00 mg/kg), posicionándose en el grupo A. En cuanto al fósforo, se evidenció una progresión ascendente desde el tratamiento control T0 (269.00 mg/kg) hasta T3 (385.00 mg/kg), con diferencias significativas entre todos los grupos. Por el contrario, el magnesio no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, lo que indica una menor sensibilidad a la suplementación. Estos resultados coinciden con lo señalado por Cowieson (2021), quien sostiene que la fitasa mejora la liberación de minerales como calcio, hierro, zinc y fósforo al hidrolizar los complejos con fitato, incrementando así su biodisponibilidad en aves de postura.

**Tabla 15.**

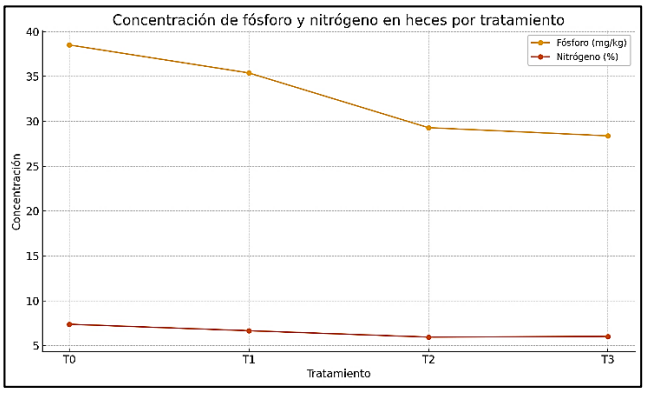
*Concentración de fósforo y nitrógeno en heces*

| Tratamiento | Fósforo (mg/kg) | Nitrógeno (%) |
|---|---|---|
| T0 | 38.52 | 7.38 |
| T1 | 35.40 | 6.66 |
| T2 | 29.30 | 5.95 |
| T3 | 28.39 | 6.02 |

El tratamiento T3 presentó la menor excreción de fósforo (28.39 mg/kg) y una de las concentraciones más bajas de nitrógeno (6.02%), lo que evidencia una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes. De forma similar, T2 mostró reducciones importantes, particularmente en nitrógeno (5.95%), lo cual refuerza su efecto positivo en la retención de compuestos esenciales. En contraste, el grupo control (T0) presentó las mayores concentraciones de fósforo (38.52 mg/kg) y nitrógeno (7.38%), reflejando un bajo aprovechamiento digestivo y una mayor carga potencial de residuos al medio ambiente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Olukosi (2020), quien señala que el uso de fitasa en dietas avícolas mejora la eficiencia digestiva y reduce la excreción de fósforo y nitrógeno, contribuyendo tanto al desempeño productivo como a la sostenibilidad ambiental.

**Figura 4.**

*Concentración de fósforo y nitrógeno en heces*



## 4.8. Revisión de los minerales en las heces

**Tabla 16.**

*ANOVA para fósforo y nitrógeno en heces*

| Variable | F-valor | p-valor | Significancia |
|---|---|---|---|
| Fósforo | 9.83 | 0.002 | ** |
| Nitrógeno | 7.41 | 0.005 | ** |

El análisis de varianza evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto a la concentración de fósforo (p = 0.002) y nitrógeno (p = 0.005) en las heces, lo cual indica que la suplementación con fitasa tuvo un efecto estadísticamente relevante en la reducción de estos compuestos. Esta disminución refleja una mejora en la eficiencia digestiva y una menor excreción de nutrientes al ambiente, favoreciendo un sistema de producción más sostenible. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Dersjant-Li (2021), quien argumenta que la inclusión de fitasa en dietas de aves permite una mejor utilización del fósforo fítico, reduciendo simultáneamente la excreción de nitrógeno y contribuyendo a minimizar la contaminación ambiental generada por la producción avícola.

**Tabla 17.**

*Resultados de la prueba de Tukey para las heces*

| Variable | Tratamiento | Media | Grupo Tukey |
|---|---|---|---|
| Fsforo | T0 | 38.52 | A |
| | T1 | 35.40 | B |
| | T2 | 29.30 | C |
| | T3 | 28.39 | D |
| Nitrógeno | T0 | 7.38 | A |
| | T1 | 6.66 | B |
| | T3 | 6.02 | C |
| | T2 | 5.95 | D |

La prueba de Tukey reveló diferencias significativas en la excreción de fósforo y nitrógeno entre tratamientos. El grupo T3 mostró los valores más bajos de fósforo (28.39 mg/kg) y nitrógeno (6.02%), clasificándose en los grupos D y C respectivamente, lo que refleja una alta eficiencia en la utilización de nutrientes. De manera similar, el tratamiento T2 se ubicó en el grupo D para nitrógeno con el valor más bajo registrado (5.95%), reforzando su efecto favorable sobre el metabolismo proteico. En cambio, el grupo control (T0) presentó las mayores concentraciones de ambos compuestos (fósforo: 38.52 mg/kg; nitrógeno: 7.38%), ubicándose en el grupo A, lo que pone en evidencia un bajo aprovechamiento digestivo. Estos resultados coinciden con lo planteado por Rutherfurd et al. (2019), quienes destacaron que el uso de fitasa en dietas avícolas permite reducir significativamente la carga fecal de fósforo y nitrógeno, contribuyendo a una mayor eficiencia alimenticia y menor impacto ambiental.

### 4.9. Impacto de la suplementación

**Tabla 18.**

*Impacto general de la suplementación*

| Parámetro Evaluado | T0 (Control) | T1 (40 g/t) | T2 (45 g/t) | T3 (50 g/t) | Mejor Tratamiento | Efecto Observado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Producción (huevos/día) | 8.3 | 8.6 | 9.1 | 8.8 | T2 | ↑ Producción |
| Proteína (%) | 13.38 | 14.03 | 14.41 | 12.19 | T2 | Valor nutricional |
| Grasa (%) | 10.8 | 13.0 | 10.7 | 11.5 | T1 | ↑ Energía |
| Fibra (%) | 0.90 | 0.34 | 0.39 | 0.58 | T1 | ↑ Digestibilidad |
| Ceniza (%) | 1.05 | 0.98 | 1.20 | 1.14 | T2 | ↑ Aporte mineral |
| Fósforo en heces (mg/kg) | 352 | 318 | 305 | 290 | T3 | ↓ Excreción de fósforo |
| Nitrógeno en heces (%) | 2.65 | 2.48 | 2.33 | 2.22 | T3 | ↓ Excreción de nitrógeno |

El tratamiento T2 (45 g/t) se consolida como el más favorable en términos de productividad y calidad nutricional, al registrar la mayor producción diaria de huevos (9.1 huevos/día), el contenido más elevado de proteína (14.41%) y el mayor aporte mineral reflejado en el contenido de cenizas (1.20%), evidenciando así una mejor conversión alimenticia y un mayor valor biológico del huevo. T1 (40 g/t), por su parte, se destacó por presentar el mayor porcentaje de grasa (13.03%) y la menor proporción de fibra (0.34%), lo cual sugiere una mayor densidad energética y una mejora en la digestibilidad del alimento. En cuanto a T3 (50 g/t), si bien no lideró en rendimiento productivo, demostró una eficiencia superior en el aprovechamiento de nutrientes, reflejada en las menores concentraciones de fósforo (28.39 mg/kg) y nitrógeno (6.02%) en las heces, lo que representa una contribución significativa en la reducción del impacto ambiental. Estos hallazgos coinciden con lo expuesto por Dersjant-Li (2021), quien destaca que la fitasa, al mejorar la biodisponibilidad de nutrientes y disminuir las pérdidas fecales, optimiza tanto la eficiencia productiva como la sostenibilidad del sistema. En síntesis, T2 representa la opción más equilibrada al integrar productividad, calidad nutricional y rentabilidad; mientras que T1 y T3 ofrecen ventajas específicas relacionadas con la digestibilidad y la sostenibilidad ambiental, respectivamente.

**Tabla 19.**

*Síntesis del efecto por tratamiento*

| Tratamiento | Fortalezas | Debilidades | Efecto Neto |
|---|---|---|---|
| T1 (40 g/t) | ↑ Proteína y grasa, ↓ Fibra | ↓ Minerales en huevo | Óptimo para calidad nutricional |
| T2 (45 g/t) | ↑ Producción de huevos, ↑ Proteína y cenizas | Menor grasa | Óptimo para productividad |
| T3 (50 g/t) | ↓ Fósforo y nitrógeno en heces | ↓ Proteína, mayor costo | Óptimo para eficiencia mineral |

A partir del análisis cualitativo de los tratamientos evaluados, se identifican fortalezas y debilidades específicas que permiten establecer el efecto neto de cada uno en relación con los objetivos de producción, calidad y sostenibilidad. El tratamiento T1 (40 g/t) destaca por su capacidad para aumentar significativamente los niveles de proteína y grasa en los huevos, al mismo tiempo que reduce la proporción de fibra, lo cual favorece la digestibilidad del alimento y el valor nutricional del producto final; sin embargo, presenta una desventaja en cuanto al contenido de minerales en el huevo, lo que limita su impacto integral. Por su parte, T2 (45 g/t) se consolida como el tratamiento más productivo, al lograr el mayor número de huevos por día y un aporte nutricional elevado en términos de proteína y cenizas, aunque con un contenido ligeramente menor de grasa. Finalmente, T3 (50 g/t) es el tratamiento más eficiente desde una perspectiva ambiental, al evidenciar las menores excreciones de fósforo y nitrógeno en heces, lo que refleja un mejor aprovechamiento de los minerales, aunque a costa de una leve reducción en el contenido proteico del huevo y un mayor costo operativo. En conjunto, estos resultados permiten concluir que T1 es óptimo para mejorar la calidad nutricional, T2 para maximizar la productividad, y T3 para promover la eficiencia mineral y reducir la huella ambiental del sistema de producción.

## 4.10. Análisis del Costo-Beneficio

**Tabla 20.**

*Costo – Beneficio de la granja en cuatro meses*

| Concepto | Detalle | Valor ($) |
|---|---|---|
| | **Costos** | |
| **Compra de aves** | 160 aves x ($2.00) | $320 |
| **Infraestructura** | Galpón, bebederos y jaulas. | $600 |
| **Alimento** | 16 sacos x ($30) | $480 |
| **Suplemento enzimático** | 1kg de Fitasas. | $12 |
| **Insumos veterinarios** | Electrolitos, vitaminas, minerales y desinfectantes. | $20 |
| **Otros gastos** | Electricidad, agua y materiales de oficina. | $20 |
| **Total, de costos** | | $ 1 452 |
| | **Beneficios** | |
| **Producción mensual de huevos** | 140 huevos/ día x 120 días | |
| **Venta de huevos** | 16 400 huevos x ($0,08) | $ 1344 |
| **Total, de beneficios** | | $ 1344 |
| **Beneficio neto** | 1452 – 1344 | $108 |
| **Relación B/C** | 1452/1344 | $108 |

Esto se traduce en un rendimiento económico superior debido al aumento significativo en la producción de huevos y una relación eficiente entre el costo de la suplementación y el valor de la producción obtenida. Este tratamiento no solo mejora la productividad, sino que representa la mejor alternativa desde el punto de vista de eficiencia económica y técnica para pequeñas y medianas unidades productivas en Ecuador.

### 4.11. Comprobación de la hipótesis

Tras la realización del estudio, se determinó que la suplementación con fitasa tuvo un efecto significativo sobre la producción diaria de huevos en codornices. El tratamiento T2 (45 g/t) registró el mayor rendimiento productivo, con un incremento del 9,6 % en comparación con el grupo control. Dado que se identificaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que confirma que la inclusión de fitasa en la dieta influye de manera significativa en la producción de huevos.

Adicionalmente, se observaron diferencias estadísticamente significativas en variables asociadas a la calidad del huevo, como el contenido de proteína, grasa, ceniza y minerales. En cuanto a la presencia de minerales en las heces, el tratamiento T3 tuvo los niveles más bajos en excreción de Nitrógeno y Fósforo, frente al grupo control. Estos resultados respaldan el efecto positivo de la fitasa no solo en la cantidad, sino también en la calidad nutricional de los huevos y en la disminución de minerales en la codornaza.

# CAPÍTULO V

# 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. Conclusiones

La suplementación con fitasa a una concentración de 45 g por tonelada de alimento demostró ser el nivel más eficiente en términos de desempeño productivo en codornices ponedoras, al registrar el mayor promedio de postura diaria y el contenido proteico más elevado en el huevo. Este resultado evidencia una optimización en el metabolismo proteico y en la conversión alimenticia, reflejando un mejor aprovechamiento de los nutrientes esenciales para la síntesis de componentes del huevo.

El análisis de los parámetros físico-químicos del huevo mostró que los tratamientos con inclusión de fitasa mejoraron de forma significativa la calidad nutricional del producto, incrementando la concentración de lípidos y reduciendo la fibra cruda. Esto indica una influencia positiva sobre la digestibilidad de macronutrientes, lo que se traduce en huevos con mayor valor biológico y mayor aporte energético, características altamente deseables en la industria alimentaria.

Desde el punto de vista ambiental, se observó una reducción significativa en la excreción de minerales, especialmente fósforo y nitrógeno, en los tratamientos con inclusión de fitasa, siendo el nivel de 50 g/t el que presentó los valores más bajos en las heces. Esto sugiere una mayor biodisponibilidad y absorción de estos elementos a nivel intestinal, lo cual no solo mejora la eficiencia digestiva, sino que también contribuye a disminuir el potencial contaminante de los residuos avícolas.

## 5.2. Recomendaciones

Se propone desarrollar estudios científicos que integren nutrición animal, microbiología, inmunología y tecnología de alimentos, permitiendo evaluar de forma integral los efectos de la suplementación con fitasas en diferentes especies y condiciones fisiológicas.

Es clave que la carrera de Medicina Veterinaria promueva seminarios, proyectos de vinculación y prácticas profesionales centradas en la aplicación de biotecnologías como las fitasas, fortaleciendo la formación técnica y científica de los futuros Médicos Veterinarios.

Se recomienda validar el uso de fitasas en condiciones reales de producción, considerando diferentes especies y etapas productivas, para optimizar su rendimiento y rentabilidad.

# BIBLIOGRAFÍA


Acosta, A., Lon-Wo, E., Cárdenas, M., & Almeida, M. (2022). Comportamiento productivo y metabolismo mineral de gallinas, según la fuente de fosforo y la adición de una enzima fitasa (Aspergillus ficuun) en la dieta. Revista Cubana de Ciencia Agricola, 42(3), 279-284.

Argüello, J. R. (2020, octubre 11). Modo de acción y beneficio económico en la utilización de fitasas y xilanasas en pollo de engorde. Obtenido de Engormix: https://www.engormix.com/MAavicultura/nutricion/articulos/modo-accion-beneficio-economico-t3163/141-p0.htm

Ballesteros Chavarro, H. H., & Vásquez Romero, R. E. (2008). La cría de codornices: (Coturnicultura). Producción de Medios de Comunicación - PRODUMEDIOS. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13273

Barbado, J. L. (2022). Cría de codornices. Buenos Aires: Editorial Albatros.

Bühler, M. S. (2024). Las enzimas en la nutrición animal. Alemania: AWT. Traducción nuestra.

Ciriaco, P. (2021). Crianza de Codornices. Lima.

Duran, F. (2022). Manejo y nutrición en aves de corral: construcciones - equipo - manejo - nutrición. Bogotá: Grupo Latino Editores.

Farrell, D. (2013). Revisión del desarrollo avícola. 136.

Gutiérrez, M. de los A. (2019, marzo 14). Análisis de la producción de huevos en Latinoamérica. aviNews, la revista global de avicultura. https://avinews.com/analisis-de-la-produccion-de-huevos-en-latinoamerica/

Méndez, J. (2022). Fitasas en avicultura. Barcelona. Obtenido de Fitasas en Avicultura.

Ortiz, J. (2022, agosto 2). Anatomía de la codorniz. Scribd. http://es.scribd.com/doc/68192685/Curso-de-Codornicesunidad-2

Osvaldo Esperança. (2010). Manejo de codornices. Sitio Argentino de Producción Animal, 3.

Pereira, D. O. G. (2020). Guía para la producción de codornices y sus derivados [Tesis Pregrado]. Universidad Cooperativa de Colombia.

Puigcerver, M., Sardà, F., & José, R. (2022). Codorniz común—Coturnix coturnix (Linnaeus, 1758). Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. https://www.researchgate.net/publication/360702317_Codorniz_comun_-_Coturnix_coturnix_Linnaeus_1758

Ramírez, C. H. (2024). Biblioteca Ilustrada del Campo Aves Domésticas: Gallinas-patos-gansos-pavos-codornices. Bogotá, Colombia: Enlace Cultural.

Rebollar, P., & Mateos, G. (2023). El fósforo en nutrición animal. Necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. Obtenido de FEDNA: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/F%C3%B3sforo_en_Alimentaci%C3%B3n_Animal.pdf

Rubio, A. J. (2022, noviembre 10). Modo de acción y beneficio económico en la utilización de fitasas y xilanasas en pollo de engorde. Obtenido de Engormix: https://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/modo-accionbeneficio-economico-t3163/141-p0.htm

Sanmiguel Plazas, R.-Angélica. (2023). Investigación y uso de fitasas en avicultura. Revista Spei Domus, 7(15), 47–54.

Sánchez, R. C. (2022). Crianza y comercialización de la codorniz - Coturnicultura (1ª ed.). Lima, Perú: Ripalme.

Valle Muñoz, S. A., & Bustamante Castro, M. G. (2015a). Manual: Crianza y manejo de codornices [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria, UNA]. https://repositorio.una.edu.ni/3323/

Valle Muñoz, S. A., & Bustamante Castro, M. G. (2015b). Manual: Crianza y manejo de codornices [Engineer, Universidad Nacional Agraria, UNA]. https://repositorio.una.edu.ni/3323/

Vilchez, P. C., & Otavio, S. J. (2021, mayo 9). Importancia de las enzimas en la nutrición avícola. Recuperado el 20 de julio de 2014.

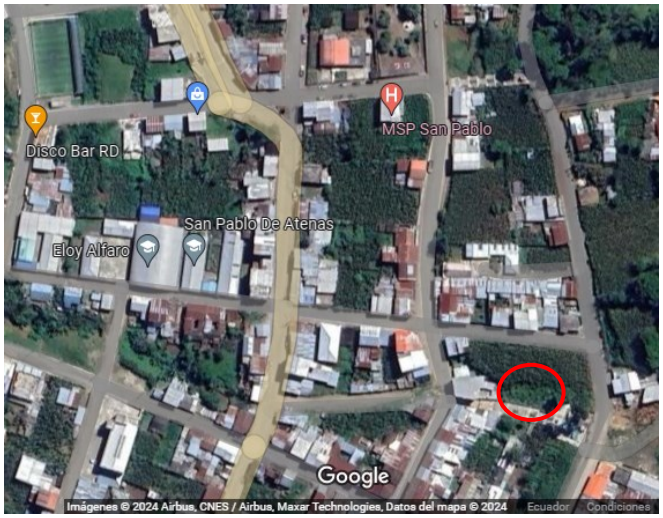
http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/importancia-de-las-enzimasen-la-nutricion-avicola.html

Villacis, P., & Vizhco, C. (2016). Evaluación de dos tipos de fitasa sobre la productividad y calidad del huevo en codornices [Tesis Pregrado]. Universidad de Cuenca.

# ANEXOS

## Anexo 1.

*Mapa de la ubicación de la investigación*




**Catón:** San Miguel de Bolívar

**Parroquia:** San Pablo de Atenas

## Anexo 2

*Croquis del ensayo*

**Bloque 1:** Balanceado comercial + fitasa sólida

| | |
|---|---|
| **T2**<br>**45gr/t** | **T0**<br>**Sin fitasa** |
| **T3**<br>**50gr/t** | **T1**<br>**40gr/t** |

**Bloque 2:** Balanceado comercial + fitasa sólida

| | |
|---|---|
| **T1**<br>**40gr/t** | **T3**<br>**50gr/t** |
| **T2**<br>**45gr/t** | **T0**<br>**Sin fitasa** |

**Bloque 3:** Balanceado comercial + fitasa sólida

| | |
|---|---|
| **T0**<br>**Sin fitasa** | **T2**<br>**45gr/t** |
| **T1**<br>**40gr/t** | **T3**<br>**50gr/t** |

**Bloque 4:** Balanceado comercial + fitasa sólida

| | |
|---|---|
| T3<br>50gr/t | T1<br>40gr/t |
| T0<br>Sin fitasa | T2<br>45gr/t |

**Anexo 3.**

*Base de datos.*

| Dia | Repeticiones | Tratamiento 0 | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | R1 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| | R2 | 6 | 9 | 8 | 10 |
| | R3 | 7 | 7 | 11 | 9 |
| | R4 | 10 | 9 | 8 | 10 |
| 2 | R1 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| | R2 | 8 | 8 | 11 | 9 |
| | R3 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| | R4 | 10 | 8 | 10 | 10 |
| 3 | R1 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| | R2 | 10 | 10 | 10 | 8 |
| | R3 | 9 | 10 | 9 | 7 |
| | R4 | 7 | 9 | 11 | 8 |
| 4 | R1 | 10 | 9 | 9 | 10 |
| | R2 | 9 | 10 | 9 | 10 |
| | R3 | 9 | 10 | 9 | 8 |
| | R4 | 11 | 9 | 11 | 8 |
| 5 | R1 | 10 | 10 | 10 | 8 |
| | R2 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| | R3 | 9 | 7 | 9 | 7 |
| | R4 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 6 | R1 | 9 | 8 | 9 | 10 |
| | R2 | 10 | 9 | 10 | 9 |
| | R3 | 8 | 10 | 8 | 8 |
| | R4 | 7 | 10 | 8 | 10 |
| 7 | R1 | 10 | 9 | 10 | 9 |
| | R2 | 9 | 9 | 10 | 8 |
| | R3 | 8 | 8 | 9 | 7 |
| | R4 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 8 | R1 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | R2 | 9 | 9 | 11 | 9 |
| | R3 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| | R4 | 8 | 8 | 8 | 7 |
| 9 | R1 | 10 | 9 | 8 | 9 |
| | R2 | 10 | 9 | 9 | 8 |
| | R3 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| | R4 | 8 | 7 | 9 | 8 |
| 10 | R1 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| | R2 | 9 | 10 | 10 | 11 |
| | R3 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| | R4 | 6 | 9 | 8 | 8 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11 | R1 | 8 | 9 | 10 | 10 |
| | R2 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| | R3 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| | R4 | 7 | 7 | 9 | 10 |
| 12 | R1 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| | R2 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | R3 | 9 | 10 | 7 | 5 |
| | R4 | 10 | 7 | 7 | 9 |
| 13 | R1 | 8 | 7 | 10 | 10 |
| | R2 | 6 | 9 | 9 | 8 |
| | R3 | 9 | 8 | 9 | 8 |
| | R4 | 9 | 9 | 10 | 8 |
| 14 | R1 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| | R2 | 10 | 9 | 7 | 9 |
| | R3 | 9 | 9 | 7 | 6 |
| | R4 | 10 | 9 | 9 | 9 |
| 15 | R1 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | R2 | 9 | 10 | 9 | 8 |
| | R3 | 10 | 10 | 8 | 8 |
| | R4 | 9 | 7 | 9 | 10 |
| 16 | R1 | 8 | 10 | 10 | 11 |
| | R2 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| | R3 | 9 | 7 | 9 | 9 |
| | R4 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 17 | R1 | 8 | 10 | 9 | 10 |
| | R2 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| | R3 | 8 | 10 | 8 | 8 |
| | R4 | 10 | 7 | 9 | 9 |
| 18 | R1 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | R2 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| | R3 | 7 | 10 | 11 | 8 |
| | R4 | 10 | 9 | 9 | 10 |
| 19 | R1 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | R2 | 9 | 7 | 7 | 10 |
| | R3 | 9 | 10 | 9 | 8 |
| | R4 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| 20 | R1 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | R2 | 9 | 9 | 9 | 8 |
| | R3 | 9 | 8 | 8 | 7 |
| | R4 | 9 | 6 | 10 | 10 |
| 21 | R1 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | R2 | 9 | 7 | 8 | 7 |
| | R3 | 8 | 10 | 8 | 7 |
| | R4 | 9 | 8 | 10 | 8 |
| 22 | R1 | 7 | 10 | 9 | 9 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | R2 | 10 | 7 | 10 | 9 |
| | R3 | 9 | 7 | 6 | 7 |
| | R4 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| 23 | R1 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| | R2 | 8 | 6 | 9 | 10 |
| | R3 | 8 | 7 | 8 | 7 |
| | R4 | 10 | 9 | 9 | 9 |
| 24 | R1 | 9 | 10 | 9 | 9 |
| | R2 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| | R3 | 9 | 9 | 8 | 8 |
| | R4 | 7 | 6 | 8 | 9 |
| 25 | R1 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| | R2 | 8 | 9 | 9 | 7 |
| | R3 | 7 | 8 | 8 | 7 |
| | R4 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 26 | R1 | 8 | 9 | 8 | 11 |
| | R2 | 8 | 8 | 10 | 9 |
| | R3 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| | R4 | 10 | 8 | 10 | 8 |
| 27 | R1 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| | R2 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| | R3 | 9 | 10 | 7 | 6 |
| | R4 | 10 | 9 | 9 | 7 |
| 28 | R1 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | R2 | 8 | 8 | 7 | 8 |
| | R3 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| | R4 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| 29 | R1 | 9 | 10 | 11 | 7 |
| | R2 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| | R3 | 8 | 8 | 9 | 8 |
| | R4 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| 30 | R1 | 8 | 8 | 8 | 11 |
| | R2 | 8 | 8 | 8 | 10 |
| | R3 | 9 | 8 | 9 | 6 |
| | R4 | 9 | 7 | 10 | 9 |
| 31 | R1 | 8 | 9 | 8 | 10 |
| | R2 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| | R3 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| | R4 | 10 | 8 | 10 | 8 |
| 32 | R1 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | R2 | 9 | 7 | 8 | 7 |
| | R3 | 8 | 10 | 8 | 7 |
| | R4 | 9 | 8 | 10 | 8 |
| 33 | R1 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | R2 | 9 | 6 | 9 | 8 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | R3 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | R4 | 9 | 9 | 8 | 6 |
| 34 | R1 | 9 | 7 | 9 | 9 |
| | R2 | 10 | 6 | 8 | 8 |
| | R3 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| | R4 | 9 | 6 | 9 | 7 |
| 35 | R1 | 9 | 7 | 8 | 9 |
| | R2 | 8 | 9 | 10 | 10 |
| | R3 | 7 | 9 | 8 | 10 |
| | R4 | 9 | 8 | 6 | 8 |
| 36 | R1 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| | R2 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| | R3 | 9 | 9 | 7 | 8 |
| | R4 | 7 | 9 | 9 | 7 |
| 38 | R1 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | R2 | 9 | 9 | 8 | 6 |
| | R3 | 9 | 7 | 9 | 9 |
| | R4 | 10 | 6 | 8 | 8 |
| 39 | R1 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| | R2 | 9 | 6 | 9 | 7 |
| | R3 | 9 | 7 | 8 | 9 |
| | R4 | 8 | 9 | 10 | 10 |
| 40 | R1 | 7 | 9 | 8 | 10 |
| | R2 | 9 | 8 | 6 | 8 |
| | R3 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| | R4 | 8 | 8 | 9 | 9 |

| Tratamiento | Variable | Media | Réplica 1 | Réplica 2 | Réplica 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| T0 | Grasa | 10.80 | 10.63 | 10.46 | 11.31 |
| T0 | Humedad | 71.19 | 65.25 | 74.32 | 74.00 |
| T0 | Ceniza | 1.05 | 1.05 | 1.09 | 1.01 |
| T0 | Fibra | 0.90 | 0.96 | 0.86 | 0.88 |
| T1 | Grasa | 13.03 | 12.90 | 12.73 | 13.46 |
| T1 | Humedad | 70.79 | 72.04 | 69.24 | 71.09 |
| T1 | Ceniza | 0.98 | 0.99 | 1.01 | 0.94 |
| T1 | Fibra | 0.34 | 0.34 | 0.35 | 0.33 |
| T2 | Grasa | 10.72 | 10.16 | 11.06 | 10.94 |
| T2 | Humedad | 70.75 | 71.84 | 72.67 | 67.74 |
| T2 | Ceniza | 1.20 | 1.20 | 1.15 | 1.24 |
| T2 | Fibra | 0.39 | 0.41 | 0.38 | 0.37 |
| T3 | Grasa | 11.48 | 11.42 | 11.28 | 11.74 |
| T3 | Humedad | 70.97 | 68.42 | 73.72 | 70.77 |
| T3 | Ceniza | 1.14 | 1.09 | 1.16 | 1.17 |
| T3 | Fibra | 0.58 | 0.56 | 0.60 | 0.58 |

**Anexo 4.**

*Fotografías de la fase experimental*





**Foto 1 y 2.** Adecuación del galpón y las jaulas.






**Foto 3 y 4.** Dosificación y administración de fitasas





**Foto 5 y 6.** Producción por tratamiento y empaquetado





**Foto 6 y 7.** Preparación de muestras y materiales de laboratorio





**Foto 8 y 9.** Análisis de proteína y ceniza

**Anexo 6**

*Glosario de términos*

**Digestibilidad:** Capacidad de un alimento para ser descompuesto y absorbido en el tracto digestivo.

**Fitasa:** Las fitasas (mioinositol hexafosfato fosfohidrolasa) son un tipo de enzimas fosfatasas que actúan específicamente sobre el fitato, descomponiéndolo para liberar fósforo en una forma disponible para ser absorbida por el animal.

**Fitato:** El fitato es un compuesto presente en semillas y granos que puede limitar la absorción de minerales como hierro, zinc y calcio en el cuerpo humano. Actúa como un antinutriente al formar complejos insolubles con estos minerales, dificultando su disponibilidad para la absorción intestinal.

**Fosfato inorgánico:** Forma de fósforo que se libera durante la hidrólisis del fitato.

**Glucosidasa:** La glucosidasa es una enzima presente en el cuerpo humano y otros organismos que descompone los glucósidos en glucosa y otras moléculas. Esta acción es fundamental en procesos de digestión de carbohidratos y otros procesos biológicos. Su actividad ayuda a liberar glucosa para ser utilizada como fuente de energía en el cuerpo.

**Hidrólisis:** La hidrólisis es un proceso químico en el cual una molécula se divide en fragmentos más pequeños mediante la adición de una molécula de agua. Esta reacción conduce a la ruptura de enlaces químicos en la molécula original, generando productos diferentes.

**Luxómetro:** Instrumento de medición que se utiliza para determinar la intensidad de la luz en un ambiente específico. Funciona midiendo la cantidad de luz visible en lux, permitiendo evaluar la iluminación en áreas interiores o exteriores para propósitos de diseño, seguridad o investigación.

**Ovomucoide:** Glucoproteína termoestable que constituye el 10 % de las proteínas de la clara. Su peso molecular es de 28 kDa, contiene 186 aminoácidos y es el alérgeno más potente.

**Proteasa:** La proteasa es una enzima que descompone las proteínas en fragmentos más pequeños. Su función es crucial en la digestión de proteínas en el cuerpo humano y en procesos biológicos como la síntesis de proteínas y la degradación de proteínas defectuosas. Las proteasas también se utilizan en la industria alimentaria y en la investigación biomédica.

**Suplementación enzimática:** Adición de enzimas a la dieta para mejorar la digestión y la utilización de nutrientes.