

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

Efecto de la inclusión alimentaria de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) sobre la concentración sérica de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*)

Presentado por:

Yoe Huaman Molina

Para optar el Título de  
Médico Veterinario y Zootecnia

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



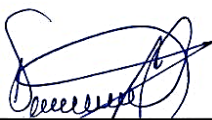
TESIS

“EFECTO DE LA INCLUSIÓN ALIMENTARIA DE HARINA DE PISONAY  
(*Erythrina edulis*) SOBRE LA CONCENTRACIÓN SÉRICA DE CALCIO Y FÓSFORO  
EN CUYES (*Cavia porcellus*)”

Presentado por **Yoe Huaman Molina**, para optar el Título de:  
**Médico Veterinario y Zootecnista**

Sustentado y aprobado el 11 de mayo de 2023, ante el jurado evaluador:

Presidente:

  
Dra. Sebastiana Virginia Bernilla De la Cruz

Primer Miembro:


  
MSc. Liliam Rocío Barcena Rodríguez

Segundo Miembro:

  
MVZ. Juan Roberto Soncco Quispe

Asesor (es):

  
Dr. Ludwing Angel Cárdenas Villanueva

  
Miro. Ruth Ramos Zuñiga

## **Agradecimiento**

*A Dios, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de experiencias y aprendizajes. A mi familia por su constante apoyo y motivación de seguir adelante en mi desarrollo profesional.*

*A mis asesores de tesis, MVZ. Ludwing Angel Cárdenas Villanueva, Dr., Mg. Sc. y MVZ. Ruth Ramos Zuñiga, Mtro. por su predisposición, constante seguimiento y apoyo al desarrollo de esta tesis, cuya orientación siempre fue oportuna y me ayudo a terminar satisfactoriamente la presente investigación.*

*A los jurados evaluadores de la tesis: Dra. Sebastiana Virginia Bernilla De la Cruz, MSc. Liliam Rocío Barcena Rodriguez y MVZ. Juan Roberto Soncco Quispe, por sus valiosos aportes, muchas gracias. es un gesto humanamente significativo y necesario, tanto para su autor como para sus colaboradores.*



## **Dedicatoria**

*A mis padres Javier Huaman Trujillo e Irma Molina Quispe, con  
mucho cariño.*



“Efecto de la inclusión alimentaria de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) sobre la concentración sérica de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*)”

Ciencias veterinarias

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## INDICE

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	1
RESUMEN.....	3
ABSTRACT .....	4
CAPÍTULO I.....	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1 Descripción del problema .....	5
1.2 Enunciado del Problema .....	6
1.2.1 Problema General .....	6
1.2.2 Problemas específicos .....	6
1.2.3 Justificación de la investigación.....	6
OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	8
2.1 Objetivos de la investigación .....	8
2.2.1 Objetivo general .....	8
2.2.2 Objetivos específicos .....	8
2.2 Hipótesis de la Investigación .....	8
2.2.3 Hipótesis general .....	8
2.2.4 Hipótesis específicas .....	8
2.3 Operacionalización de variables .....	9
CAPÍTULO III .....	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	10
3.1 Antecedentes.....	10
3.2 Marco teórico.....	12
3.2.1 Características nutricionales del género <i>Erythrina</i> .....	12
3.2.2 Composición nutricional de la <i>Erythrina edulis</i> .....	13
3.2.3 Fisiología del sistema digestivo del cuy.....	15
3.2.4 Requerimientos nutricionales de cuyes .....	16
3.2.5 Perfil bioquímico del calcio .....	17
3.2.6 Perfil bioquímico del fósforo .....	18
3.3 Marco conceptual .....	19
CAPÍTULO IV .....	20
METODOLOGÍA .....	20
4.1 Tipo y nivel de investigación .....	20
4.2 Diseño de la investigación.....	20
4.3 Descripción ética de la investigación .....	20
4.4 Población y muestra .....	20
4.5 Procedimiento.....	20



4.6 Técnica e instrumentos .....	22
4.6.1 Perfil bioquímico del calcio .....	22
4.6.2 Perfil bioquímico del fósforo .....	23
4.7 Análisis estadístico .....	24
CAPÍTULO V .....	25
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	25
5.1 Análisis de resultados .....	25
4.1.1 Niveles séricos de calcio y fósforo en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).....	25
4.1.2 Relación del calcio y fósforo sanguíneo en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ) .....	26
5.2 Discusión .....	26
CAPÍTULO VI.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30
6.1 Conclusiones .....	30
6.2 Recomendaciones .....	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
ANEXOS.....	37



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Variables e indicadores.....	9
Tabla 2. Niveles séricos de calcio y fósforo en cuyes .....	11
Tabla 3. Influencia de la edad de rebrote y estación en la composición química (%) de <i>Erythrina variegata</i> .....	13
Tabla 4. Composición química de las hojas en la etapa I (producción de follaje) del porotón	14
Tabla 5. Composición de nutrientes de hojas del basúl .....	14
Tabla 6. Composición nutricional de la proteína cruda y minerales en las hojas de <i>Erythrina edulis</i> .....	15
Tabla 7. Requerimientos nutricionales por etapa de desarrollo en cuyes .....	17
Tabla 8. Composición nutricional (%) de calcio y fósforo utilizada en las dietas experimentales .....	21
Tabla 9. Distribución de reactivo de trabajo y muestra para la determinación de calcio en suero sanguíneo .....	22
Tabla 10. Distribución de reactivo de trabajo y muestra para la determinación de fósforo en suero sanguíneo .....	23
Tabla 11. Niveles séricos de calcio (mg/dL) en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ) .....	25
Tabla 12. Niveles séricos de fósforo (mg/dL) en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ) .....	26
Tabla 13. Insumos y composición nutricional de las dietas experimentales para cuyes .....	38
Tabla 14. Datos estadísticos para los niveles séricos del calcio .....	39
Tabla 15. Datos estadísticos para los niveles séricos del fósforo .....	39
Tabla 16. Estadísticas de la regresión .....	40
Tabla 17. Análisis de varianza para la regresión .....	40
Tabla 18. Coeficientes de la regresión.....	40





## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Relación entre los niveles séricos de fósforo y calcio.....	26
Figura 2. Arboles de pisonay en cerca viva .....	41
Figura 3. Hojas y peciolo de pisonay en proceso de secado .....	41
Figura 4. Molienda de hojas y peciolo .....	42
Figura 5. Dieta experimental .....	42
Figura 6. Dietas experimentales etiquetadas .....	43
Figura 7. Consumo de las dietas experimentales .....	43
Figura 8. Micropipetas monocanal .....	44
Figura 9. Puntas de pipeta descartables .....	44
Figura 10. Analizador bioquímico semiautomático Stat Fax 3300 .....	45
Figura 11. Reactivo de trabajo para la determinación de calcio .....	45
Figura 12. Reactivo de trabajo para la determinación de fósforo .....	46
Figura 13. Lectura de las muestras de suero sanguíneo .....	46



## INTRODUCCIÓN

El sistema de cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, en zonas húmedas, con frecuencia se utilizan leguminosas arbóreas como la *Erythrina berteroana*, *Erythrina fusca* y *Erythrina costarricensis* y las especies *Erythrina berteroana*, *Erythrina poeppigiana* y *Erythrina cocleata* son mejores opciones para su manejo en bancos forrajeros proteicos para suplementar en la alimentación animal (1). En el Perú, la *Erythrina edulis* tiene variedad de nombres comunes, como pisonay, esta planta es considerada el alimento más completo (fruto y hojas), los campesinos lo siembran a fin de formar cercas vivas y cosechan sus hojas que constituyen forraje de calidad para animales menores (2).

El calcio sérico es la representación del calcio ionizado, la hipocalcemia en roedores se observa en dietas deficientes en magnesio, por insuficiencia renal crónica y el hipoparatiroidismo; el fósforo sérico está regulado principalmente por los riñones, la hiperfosfatemia se observa por aumento de la ingesta dietética del fósforo y por disminución de la filtración glomerular y el exceso de suplementos de vitamina D y la toxicosis por colecalciferol provocan hiperfosfatemia e hipercalcemia (3).

El examen clínico y la anamnesis acompañado con los análisis bioquímicos, son importantes para elaborar el diagnóstico presuntivo o definitivo, las pruebas de laboratorio realizadas en la diversidad de especies, razas y sistemas de alimentación y manejo dificulta la interpretación de los datos del diagnóstico complementario, especialmente en enfermedades orgánicas y metabólicas, como en el suero o plasma donde se puede efectuar la determinación de fósforo y calcio (4).

“El calcio y el fósforo son minerales relacionados en su metabolismo e indispensables para la salud y el correcto funcionamiento del organismo” (5); son necesarios en la dieta para el desarrollo corporal ya que influyen en la ganancia del peso corporal, la cantidad de calcio en las harinas de follajes tropicales (*Lablab purpureus*, *Stizolobium niveum*, *Morus alba*, *Canavalia ensiformis* y *Trichantera gigantea*) están en rango de 1.5 a 4.8 ppm (6) y en especies de *Erythrina* (*Erythrina poeppigiana*, *Erythrina edulis* y *Erythrina fusca*) se reportan entre 1.02 a 1.86% y fosforo entre 0.20 a 0.33% (7), valores que fácilmente pueden cubrir los requerimientos nutricionales en animales.

La utilización de arbustivas y arboles forrajeros se han incrementado para contrarrestar la falta de alimentos por el cambio climático, como la inclusión de harina de hojas de *Acacia*



*angustissima* en la dieta para aves broilers, que no afectaron los niveles séricos de calcio y fósforo (8), se observó que el follaje de *Moringa oleífera* como forraje fresco en la dieta para cabras en reemplazo del alimento concentrado, provocaron la disminución del fosforo y no modificaron los niveles séricos del calcio (9) y en otro estudio se evaluó niveles bajos, medios y altos de proteína cruda en la dieta para corderos no provocaron variaciones en los niveles séricos de fósforo y se incrementó el calcio sérico (10). En tal sentido, se evaluó los niveles séricos de calcio y fosforo por efecto de la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en la dieta para cuyes (*Cavia porcellus*).



## RESUMEN

Se evaluó la concentración sérica de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*) y la relación entre ambos metabolitos, al incluir en su alimentación harina de pisonay (*Erythrina edulis*). Se usaron 80 cuyes machos mejorados, que fueron distribuidos al azar en 10 tratamientos en grupos de 8 cuyes. Se elaboró nueve dietas balanceadas (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 y D9), tres por cada edad de rebrote del pisonay y una dieta control (D0) que incluyó harina de alfalfa, en el alimento integral para cuyes, se consideró 18% de proteína y 3.0 Mcal/kg de MS de energía digestible. Después de 56 días de experimentación, se recolectó sangre con el propósito de determinar los metabolitos bioquímicos en suero sanguíneo a través de reactivos en un analizador bioquímico semiautomático. Los niveles séricos de calcio en cuyes resultaron ser mayor con las dietas D3 y D8 (12.0 y 11.9 mg/dL respectivamente) seguido de la D6 y D4 ambos con 11.6 mg/dL y el menor fue 9.6 mg/dL con la dieta D0 y los valores hallados en promedio fue  $11.1 \pm 1.2$  mg/dL. Con respecto a los niveles séricos de fósforo, se observó que el mayor nivel sérico se obtuvo con las dietas D8 y D6 (7.6 y 7.4 mg/dL respectivamente) seguido de la D5, D3 y D2 en promedio llegaron a 7.2 mg/dL y el menor fue 5.4 mg/dL con la dieta D0 y los valores hallados en promedio fue  $6.8 \pm 0.9$  mg/dL. La relación entre los niveles séricos fue significativa ( $p < 0.05$ ). Los niveles séricos de calcio y fósforo hallados en cuyes, que recibieron dietas con la inclusión de harina de pisonay de tres edades de rebrote se encuentran dentro de los valores normales.

**Palabras clave:** *Edad de rebrote, hojas, inclusión, suero sanguíneo.*

## ABSTRACT

The serum concentration of calcium and phosphorus in guinea pigs (*Cavia porcellus*) and the relationship between both metabolites were evaluated by including pisonay (*Erythrina edulis*) meal in their diet. Eighty improved male guinea pigs were used, which were randomly distributed in 10 treatments in groups of each guinea pig. Nine balanced diets (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 and D9) were elaborated, three for each pisonay regrowth age and a control diet (D0) that included alfalfa meal, in the integral food for guinea pigs, 18% protein and 3.0 Mcal/kg DM of digestible energy were considered. After 56 days of experimentation, was collected blood for the purpose determining biochemical metabolites in blood serum through reagents in a semiautomatic biochemical analyzer. Serum calcium levels in guinea pigs were higher with diets D3 and D8 (12.0 and 11.9 mg/dL respectively) followed by D6 and D4 both with 11.6 mg/dL and the lowest was 9.6 mg/dL with diet D0 and the average values found were  $11.1 \pm 1.2$  mg/dL. Regarding serum phosphorus levels, it was observed that the highest serum level was obtained with diets D8 and D6 (7.6 and 7.4 mg/dL respectively) followed by D5, D3 and D2 on average reached 7.2 mg/dL and the lowest was 5.4 mg/dL with the D0 diet and the average values found were  $6.8 \pm 0.9$  mg/dL. The relationship between serum levels was significant ( $p < 0.05$ ). The serum levels of calcium and phosphorus found in guinea pigs, which received diets with the inclusion of pisonay meal of three regrowth ages are within normal values.

**Keywords:** *Blood serum, inclusion, leaves, regrowth age.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

Los árboles multipropósito son ejemplo de un inmenso potencial natural, como los árboles forrajeros que se encuentran en zonas tropicales y subtropicales, que siguen siendo investigados por la necesidad imperiosa de fuentes proteicas para los animales domésticos, dentro de las especies forrajeras arbóreas no convencionales se encuentran las especies del género *Erythrina* (11). La presencia de compuestos secundarios en el género *Erythrina* pueden ocasionar efectos citotóxicos (12), como la presencia cuantiosa de fenoles y alcaloides, presencia notable de saponinas y taninos, y presencia leve de esteroides. La presencia de taninos y alcaloides en el forraje fresco de *Erythrina* sp. en la alimentación de cuyes probablemente ocasionarán alteraciones en el perfil bioquímico hepático y renal (13) (14).

Los mecanismos del daño inducido por sustancias tóxicas en las células hepáticas incluyen la peroxidación de lípidos, la unión a macromoléculas celulares, el daño mitocondrial, la alteración del citoesqueleto y la entrada masiva de calcio, además, la deficiencia de vitamina D, o un desequilibrio de calcio y fósforo, puede provocar raquitismo en cobayos, con signos clínicos de placas de cartílago ensanchadas e hipoplasia de los incisivos. Si el equilibrio de calcio y fósforo es adecuado, los cobayos pueden tolerar la deficiencia de vitamina D sin producir signos clínicos (15).

El consumo de plantas como *Solanum malacoxylon* por rumiantes ocasionan el aumento de la concentración sérica de Ca y P, en conejos y cuyes la calcemia no sufrió cambios, pero la fosfatemia aumentó significativamente por efecto de la administración por vía oral de extractos acuosos de las hojas (16). La inclusión del 0, 30, 60, 90, 120 y 150 g/kg de materia seca de harina de hojas de *Acacia angustissima* en la dieta de los pollos de engorde no provocó variaciones en el Ca y P, probablemente que *A. angustissima*



está libre de sustancias tóxicas al no existir cambios en la fosfatasa alcalina (8). Un aumento en el nivel de inclusión de *Acacia tortilis* elevó el contenido de calcio y fósforo en la dieta, pero no provocó variaciones en los niveles séricos del fosforo, esto nos indicaría que podría ser una opción viable para enriquecer el contenido de minerales de una dieta (17).

## 1.2 Enunciado del Problema

### 1.2.1 Problema General

¿La inclusión alimentaria de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) afectará la concentración sérica de calcio y fósforo?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Los niveles séricos de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*) serán elevados por la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en el alimento integral para cuyes?
- ¿La relación de calcio y fósforo sérico en cuyes (*Cavia porcellus*) se incrementará por la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en el alimento integral para cuyes?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

En el departamento de Apurímac se tiene el 7.97% de la población nacional de cuyes que se crían en sistemas de crianza familiar y familiar comercial (18), la alimentación de los cuyes es de suma importancia, una de ella es en base a alimento seco balanceado, con forraje *ad libitum* y aporte diario de vegetales frescos ricos en vitamina C (19), otra es alimentar con forrajes y restos de vegetales de la agricultura y también proveniente de los mercados, y trae como opinión habitual, que la carne de cuy es succulenta y que tiene poca grasa, además, de producir proteína animal a un costo comparativamente bajo, a base de piensos, forrajes y residuos vegetales (20).

El perfil bioquímico sanguíneo en animales es utilizado para indagar las posibles variaciones del cuerpo a las lesiones (diagnóstico de enfermedades), a la calidad del alimento y su probable toxicidad (21). Las determinaciones de



química clínica comúnmente incluyen calcio y fósforo, estos minerales están relacionados en su metabolismo, son importantes para la salud y la adecuada actividad del individuo; intervienen en el funcionamiento del esqueleto, contracción muscular y movimientos peristálticos, entre otros (5). El Ca está unido a proteínas dentro del plasma y está involucrado en la coagulación de la sangre, en el plasma de los mamíferos suele contener de 8 a 12 mg/dL (30 mmol/L), el Ca ionizado es fisiológicamente activo y la función más importante es el control de la permeabilidad de las membranas celulares (22).

La *Erythrina edulis* se encuentra en el valle interandino de Abancay y se le denomina como chachafruto (23), en el Perú tiene varios nombres como: antiporoto, basúl, pajuro, pashigua, pashuro, poroto y **pisonay**, su follaje se utiliza para la alimentación de rumiantes y monogástricos (24). Tiene una vasta utilización, como las semillas que se aprovechan en la alimentación humana; por su facultad de captar nitrógeno se utiliza para rehabilitar superficies degradadas; están como cercas vivas y se pueden asociarse con otras especies; las hojas y tallos suculentos como forraje para los animales (25), como ocurre en época de seca, donde los productores aprovechan el pisonay (*Erythrina sp*) para la alimentación de los cuyes (26), así mismo, el uso como harina ha demostrado versatilidad para la alimentación de cuyes sin afectar sus características productivas (27). En tal sentido, se evaluará los niveles séricos de calcio y fósforo por efecto de la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en la dieta para cuyes.





## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.2.1 Objetivo general

Evaluar la concentración sérica de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*) al incluir en su alimentación harina de pisonay (*Erythrina edulis*).

##### 2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles séricos de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*) al incluir harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en el alimento integral para cuyes.
- Determinar la relación del calcio y fósforo sanguíneo en cuyes (*Cavia porcellus*) al incluir harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en el alimento integral para cuyes.

#### 2.2 Hipótesis de la Investigación

##### 2.2.3 Hipótesis general

La inclusión alimentaria de harina pisonay (*Erythrina edulis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) afecta la concentración sérica de calcio y fósforo.

##### 2.2.4 Hipótesis específicas

- Los niveles séricos de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*) es afectada por la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en el alimento integral para cuyes.

- La relación del calcio y fósforo sanguíneo en cuyes (*Cavia porcellus*) es afectada por la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina* sp) en el alimento integral para cuyes.

### 2.3 Operacionalización de variables

En la tabla 1, se observa las variables e indicadores que se utilizó en el presente trabajo.

Tabla 1. Variables e indicadores

<b>Variable(s) Indicador(es) Independiente:</b>	
Edad de rebrote	4, 8 y 12 meses
Inclusión de harina	10, 20 y 30%
<b>Dependiente:</b>	
Calcio	mg/dL
Fosforo	mg/dL



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) Se determinó los perfiles metabólicos en 112 cuyes machos destetados mejorados en las etapas de levante (hasta dos meses) y engorde de cuyes (hasta tres meses), dentro de esos metabolitos se determinaron los niveles séricos de calcio y fósforo, los cuyes fueron alimentados con las siguientes dietas: T0: Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en 50% + Pasto Aubade (*Lolium sp*) en 50% + suplemento concentrado, T1: Pasto Kikuyo en 100% + suplemento concentrado, T2: Pasto Aubade en 100% + Suplemento concentrado, T3: Pasto Kikuyo en 50% + Pasto Aubade en 50%. El aporte nutricional del calcio y fósforo en las dietas de levante fue T0: 0.37 y 0.33, T1: 0.39 y 0.37, T2: 0.44 y 0.33 y T3: 0.12 y 0.17 respectivamente y en las dietas de engorde fue T0: 0.67 y 0.57, T1: 0.65 y 0.62, T2: 0.71 y 0.52 y T3: 0.21 y 0.29 respectivamente. El suministro del suplemento concentrado de tipo comercial para cuyes fue 20 g/animal/día en la etapa de levante y 40 g/animal/día en la etapa de engorde y el forraje se suministró dos veces al día, 350 g/animal/día en fase de levante y 500 g/animal/día. Los niveles séricos de calcio en la fase de levante para cada dieta fue 7.6 - 17.0, 14.5 - 18.9, 12.6 - 16.3 y 12.2 - 22.2 mg/dl y para el fosforo 4.2 - 8.2, 4.0 - 5.4, 4.3 - 7.1 y 3.5 - 6.1 mg/dl respectivamente y en la fase de ceba para el calcio fue 7.4 - 17.2, 14.5 - 18.0, 12.6 - 16.2 y 12.2 - 15.8 mg/dl y para el fosforo 4.1 - 8.1, 3.9 - 5.4, 4.2 - 7.0 y 4.6 - 6.0 mg/dl respectivamente (28).
- b) Se analizó los niveles séricos de calcio y fósforo, en tres sistemas de producción: familiar, familiar-comercial y comercial, se manejaron 90 cuyes machos de una línea mejorada, entre 50 a 60 días de edad con pesos desde 800 a 900 g de peso vivo, los valores promedio hallados en los tres sistemas de producción para el calcio y fosforo fueron  $8.7 \pm 1.1$  y  $5.8 \pm 1.2$  mg/dl respectivamente (29).
- c) *Alchornea cordifolia*, es valiosa en la agricultura de subsistencia, con frecuencia su follaje se usa en animales al pastoreo o en harina de hojas para los no rumiantes. En un trabajo se evaluó el efecto de harina de hojas de *Alchornea cordifolia* en diferentes



niveles de inclusión en la dieta sobre los índices bioquímicos séricos de los conejos. Uno de los objetivos fue determinar los niveles séricos de calcio. Los conejos se asignaron a las dietas de prueba usando un diseño completamente aleatorizado. Se asignaron aleatoriamente nueve conejos a cada tratamiento dietético T1, T2, T3, T4 que contenía 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de harina de hojas de *Alchornea cordifolia*. El resultado del índice bioquímico sérico del calcio de conejos alimentados con harina de hojas de *Alchornea cordifolia* no indicaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) que oscilo entre 2.29 a 2.50 mg/dL. Por lo tanto, la harina de hojas de *Alchornea cordifolia* puede reemplazar los despojos de trigo hasta en un 15% sin efectos adversos y se puede recomendar que se incluya hasta un 15% de harina de hojas de *Alchornea cordifolia* en la dieta de los conejos para apoyar un crecimiento saludable y servir como fuente de energía para varios tejidos (30).

Tabla 2. Niveles séricos de calcio y fósforo en cuyes

Parámetros	Valor (mg/dL)	Referencia
Calcio	11.0 - 14.3	Holowaychuk (2006) (31)
	9.6 - 10.4	Gross (2009) (32)
	8.0 - 12.0	Riggs (2009) (33)
	5.3 - 12.0	Clemons y Seeman (2018) (15)
Fósforo	5.2 - 8.2	Holowaychuk (2006) (31)
	3.0 - 8.0	Riggs (2009) (33)
	3.0 - 12.0	Clemons y Seeman (2018) (15)

- d) En un estudio se exploró los estudios de toxicidad aguda y subcrónica con extracto etanólico de hojas de *Epipremnum aureum*, considerada como planta medicinal por sus bondades fitoquímicas y se considera toxica por la presencia de oxalatos, administrado por vía oral, para la toxicidad subcrónica se utilizó 10 ratas Sprague dawley, a los animales se les proporcionó una dieta estándar de gránulos para roedores, el extracto de etanol se administró vía oral en concentraciones de 100, 600 y 1000 mg/kg por día durante 28 días, despues, las muestras de sangre recogidas se analizaron para parámetros bioquímicos como el calcio y el fósforo, los niveles hallados fueron 8.32, 9.74 y 9.54 mg/dL y 5.62, 5.41 y 5.84 mg/dL respectivamente, estos valores hallados indican que el extracto etanólico no es tóxico (34).



- e) En un trabajo de investigación se determinó los niveles séricos de calcio y fósforo, y la correlación entre ambos, en muestras de suero sanguíneo de 20 cuyes machos clínicamente sanos, procedentes del Centro de Investigación y Producción Majes, ubicada en el distrito de Majes (Caylloma, Arequipa), los animales fueron alimentados durante 15 días con una dieta a base de alfalfa previo al muestreo de sangre, los niveles séricos de calcio y fósforo en promedio fueron 9.31 mg/dL y 5.15 mg/dL respectivamente y el análisis de correlación entre las variables fue muy baja positiva ( $r = 0.1080$ ) y no evidenció una asociación significativa (35).

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Características nutricionales del género *Erythrina*

El follaje fresco del pisonay es utilizado para la alimentación de animales en época seca y por la calidad nutricional en la proteína cruda y fibra cruda (36), en otro estudio, se evaluó la materia seca, proteína cruda, el extracto etéreo, la ceniza, fibra cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente acida de la harina de pisonay en diferentes edades de rebrote, en todos los casos fue 92%, 20%, entre 1 a 2%, rangos de 9 a 10%, desde 23.0 a 25.1%, desde 42.8 a 46.0% y entre 26.9 a 30.6% respectivamente, además, se estimó la energía bruta y energía digestible con rango de 3.6 a 4.2 Mcal/kg de materia seca y desde 1.8 a 2.7 Mcal/kg de materia seca respectivamente, esto nos indicaría que la harina de pisonay como alimento no convencional se comportaría como una forrajera potencial que cubriría los requerimientos nutricionales para cuyes como insumo parcial o total de las proteínas de origen convencional (37).



Tabla 3. Influencia de la edad de rebrote y estación en la composición química (%) de *Erythrina variegata* (38)

Rebrote (días)	Estación					
	Lluvia			Seca		
	60	90	120	60	90	120
Materia seca	17.20	22.07	26.74	20.04	25.13	28.83
Proteína cruda	24.36	20.17	17.22	27.58	21.03	19.52
Ceniza	17.75	19.55	16.92	14.47	16.64	16.27
Calcio	2.48	3.10	2.72	2.11	2.51	2.04
Fosforo	0.015	0.010	0.006	0.013	0.010	0.013
FDN	43.08	45.67	51.28	43.54	48.33	50.84
FDA	26.42	29.53	33.74	25.75	31.63	34.21
Hemicelulosa	16.59	16.06	17.46	17.79	16.57	16.63
Celulosa	17.28	13.02	12.94	15.68	15.87	14.29
Lignina	9.14	16.64	20.83	10.14	15.75	20.01

Las especies *Morus alba* (morera), *Erythrina poeppigiana* (caraca), *Tithonia diversifolia* (botón de oro) e *Hibiscus rosa-sinensis* (cucarda), que se cosecharon a los 60 días y deshidratadas al sol (12-14% de humedad) que posteriormente se molieron en molino eléctrico (criba de 3.00 mm), las harinas de las especies forrajeras mostraron que el calcio fue 2.21, 1.15, 2.14 y 1.56% y el fosforo estuvo en 0.20, 0.22, 0.32 y 0.19% respectivamente (39).

### 3.2.2 Composición nutricional de la *Erythrina edulis*

La incorporación de los árboles en la ganadería, conlleva la posibilidad de incorporar las especies nativas en múltiples opciones, como cerco vivo, fuente de forraje, proteína, minerales y vitaminas; desde un punto de vista económico son fuente de recursos forrajeros para el ganado, socialmente garantiza la seguridad alimentaria y ambientalmente facilitan la conservación de la biodiversidad entre otros (40). El potencial productivo de la *Erythrina edulis* (porotón) estimado en arboles sembrados a 1.5 m de distancia, en tres cortes, cada 4 meses, produce

40,806 toneladas de hojas/ha/año de materia seca, la composición nutricional de las hojas cortadas con una edad vegetativa de 5 meses de rebrote en la etapa de producción de forraje se observa en la tabla 4 (41).

Tabla 4. Composición química de las hojas en la etapa I (producción de follaje) del porotón (41)

Indicador	Valor
Materia seca, %	38.26
Proteína cruda, %	28.74
Ceniza, %	10.50
Calcio, %	1.35
Fosforo, %	0.19
FDN, %	62.40
FDA, %	51.15
Energía bruta, Mcal/kg	4.26

La importancia e interés de las bondades nutricionales de la *Erythrina edulis* (basúl) en el sector de Kerapata Tamburco, como especie silvopastoril, es benéfica para la alimentación animal, en la Tabla 5, se observa la composición de nutrientes que se han encontrado en las hojas del basúl (36).

Tabla 5. Composición de nutrientes de hojas del basúl (36)

Indicador	Valor
Materia seca, %	25.39
Proteína cruda, %	7.65
Ceniza, %	1.29
Calcio, %	2.53
Fosforo, %	0.33
Fibra bruta, %	7.35
Carbohidratos, %	10.53

Los árboles de *Erythrina edulis* (chachafruto o balú) destinados a cercas vivas tienen mejor vida productiva y su durabilidad es de 40 a 50 años cuando se obtienen de semillas, por su mejor enraizamiento; para la producción de forraje (hojas) los árboles deben tener 1.0 a 1.5 metros de altura; este forraje se puede

utilizar para alimentación de cabras y vacas, o cerdos, las hojas equivalen a 40 toneladas de forraje por hectárea y se puede orear o secar para vender a fábricas de concentrados; el follaje compuesto por ramas tiernas y hojas por su mayor contenido proteico es un excelente complemento en la alimentación animal; la harina de las hojas pueden ser complemento en la alimentación de aves de engorde y postura, y conejos (42).

Tabla 6. Composición nutricional de la proteína cruda y minerales en las hojas de *Erythrina edulis* (42)

Indicador	Porcentaje
Proteína cruda	25.5
Ceniza	4.42
Calcio	1.26
Fosforo	0.31
Magnesio	0.32
Sodio	0.02
Potasio	1.56

*“El forraje de chachafruto posee una alta digestibilidad aparente de la pared celular*

*(79.80%) que lo hace apto para alimentación de animales herbívoros”, el contenido proteico es alto (21.76%) y por su relativa energía digestible: 2.27 Mcal/kg, se requiere suplementación energética, Gálvez citado por Apráez y Gálvez (43).*

### 3.2.3 Fisiología del sistema digestivo del cuy

La fisiología gastrointestinal estudia los mecanismos involucrados en la transferencia de nutrientes orgánicos e inorgánicos del ambiente al ambiente interno, que consiste en la ingesta de nutrientes, la digestión, la absorción y su movimiento a lo largo del tracto gastrointestinal (44). El cuy es una especie herbívora monogástrica, la digestión enzimática se inicia en el estómago y la fermentación bacteriana se realiza en el ciego funcional que constituye cerca del 15% del peso total, el proceso de digestión depende de la composición nutricional y de insumos que tendría la dieta, desde el punto de vista de su anatomía





gastrointestinal y por la presencia de microorganismos a nivel del ciego se comportaría como fermentador post-gástrico (45).

El cuy (*Cavia porcellus*) por su comportamiento nutricional se asemeja, de adulto, más a los rumiantes que realizan procesos de fermentación mixta y capacidad degradadora de celulosa, que a un monogástrico estricto, el cuy posee un estómago simple por donde pasa rápidamente la ingesta, y en el intestino delgado la absorción de aminoácidos, azúcares, grasas, vitaminas y algunos minerales ocurre en un lapso de dos horas. sin embargo, el pasaje del bolo alimenticio por el ciego es más lento, puede permanecer en él parcialmente por 48 horas, además se sabe que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes; siendo en el ciego e intestino grueso donde se realiza la absorción de los ácidos grasos de cadenas cortas, la pared del ciego es delgada y contiene numerosas bolsas laterales las que fomentan un incremento de su capacidad, con el resultado que el ciego es capaz de contener sobre el 65% del contenido gastrointestinal a cualquier tiempo (46).

La cecotrofia, es la reingestión de contenido cecal, que permite a los herbívoros reciclar nutrientes, a través de la separación de material en el colón proximal, esta capacidad de separar diferentes materiales en el intestino grueso, se realiza a través de la trampa de moco, en cuyes que realizaron la cecotrofia, se observó que la excreción de Nitrógeno (N) en heces fue  $0.42 \pm 0.06$  g/día y en cuyes que se les impidió la cecotrofia fue  $0.52 \pm 0.45$  g/día, si la cantidad de urea en sangre se incrementa, provocaría la síntesis microbiana en el ciego y ayudaría a formar heces blandas ricas en N (47).

### 3.2.4 Requerimientos nutricionales de cuyes

Los requerimientos nutricionales de los cuyes nos permitirán elaborar dietas balanceadas para lograr satisfacer las necesidades de crecimiento, mantenimiento y producción, que dependen de la edad, estado fisiológico, genética y lugar donde se realizará la crianza; los requerimientos para cuyes en crecimiento con respecto la proteína, energía digestible, fibra, calcio, fosforo y vitamina C se mencionan valores de 13 a 17%, 2800 kcal/kg de materia seca, 10%, 0.8 a 1.0%, 0.4 a 0.7% y 200 mg respectivamente (44).

*“El cuy necesita poca cantidad de vitaminas y minerales para poder subsistir, pero su ingestión debe ser continua y en proporciones ajustadas a los requerimientos,*



pues su deficiencia puede provocar serias alteraciones” Chauca mencionado por Cárdenas (48).

Tabla 7. Requerimientos nutricionales por etapa de desarrollo en cuyes (49)

Etapa	Proteína (%)	Energía digestible (kcal/kg)	Calcio (%)	Fósforo (%)
Lactancia	20 - 22	2860	1.4	0.8
Gestación	18 - 20	2860	1.4	0.8
Crecimiento y engorde	13 - 18	2900	1.2	0.6

Los requerimientos nutricionales de minerales para cuyes machos, en dietas que incluyeron harina de forrajes de morera (*Morus alba*), glicinia (*Glicine white*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), para Ca y P fue en rangos de 1.15 a 1.18% y 0.50 a 0.58% respectivamente, donde se observa una relación de 2:1 (50). En otro estudio, se evaluó la inclusión de 7, 14, 21 y 28% de harina de hojas de eritrina (*Erythrina fusca*) en el alimento concentrado en condiciones isoprotéicas e isoenergéticas para la fase de inicio, crecimiento y acabado de cuyes de la línea Perú, dicho alimento fue suministrado a libre disponibilidad durante 62 días, donde los requerimientos nutricionales de Ca y P fue 0.80 y 0.4% con una relación de 2:1 (51).

### 3.2.5 Perfil bioquímico del calcio

El calcio (Ca) es el elemento químico (mineral) más abundante en el organismo animal; es un constituyente esencial del esqueleto y de los dientes, además, el Ca es un catión ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en el fluido intracelular y extracelular, es un componente integral de las células vivas y los fluidos tisulares, en los fluidos corporales: el Ca está en 6% asociado con fosfato, citrato y otros aniones, ligado a proteínas (47%) unido a la albúmina dentro del plasma y por último ionizado en 47%, los valores normales pueden ser afectados por la edad y reproducción, también las concentraciones de Ca plasmático total está relacionado por la ingesta de calcio y puede disminuir porque los niveles de albúmina pueden afectar las concentraciones totales de Ca (22).

La concentración de calcio total en suero o en plasma heparinizado se puede medir directamente mediante ensayos colorimétricos, la forma biológicamente activa y medible es el  $\text{Ca}^{2+}$  ionizado y se debe realizar el manejo adecuado de la muestra



(52). El calcio se requiere en concentraciones óptimas para procesos como la fertilización, la visión, la locomoción-contracción muscular, la conducción nerviosa, la coagulación de la sangre, la excitosis, la división celular y la actividad de una serie de enzimas y hormonas, también se menciona que la respuesta plaquetaria depende del rápido aumento del calcio citoplasmático, cualquier agente que interfiera con la translocación del calcio puede inhibir la función plaquetaria (15).

El balance de calcio en animales adultos está regulado principalmente por la absorción del tracto gastrointestinal, la excreción por los riñones y las tasas de reabsorción y formación ósea, en animales normales, una cantidad equivalente de calcio se excreta principalmente en la orina con pequeñas pérdidas en el sudor y las secreciones intestinales (52).

El calcio no es un elemento tóxico, el exceso de calcio nutricional en la alimentación no causaría toxicidad, porque los mecanismos homeostáticos aseguran que el exceso de calcio en la dieta se excrete ampliamente en las heces, también, el exceso de calcio es generalmente indirecta y surgen por deficiencia en la absorción de fósforo y se inducen fácilmente en los no rumiantes (53).

### 3.2.6 Perfil bioquímico del fósforo

A nivel intestinal ocurre la absorción de fósforo (en forma de  $P_i$ ) de la dieta y el riñón es importante en la excreción de fósforo (en forma de  $P_i$ ) en la orina, además, se reabsorbe a lo largo del túbulo contorneado proximal y del túbulo recto proximal, y es regulado por la hormona paratiroidea o paratohormona (54).

El fósforo es un anión intracelular importante y la mayor parte del fósforo intracelular es orgánico y el fosfato inorgánico se encuentra extracelularmente; el fósforo se deriva principalmente de la dieta (carne y productos lácteos), componente importante de los huesos y los dientes y juega un papel importante en el almacenamiento, liberación y transferencia de energía y en el metabolismo ácido-base; los valores en animales en crecimiento pueden tener niveles elevados de fósforo, las dietas ricas en fosfato pueden provocar hiperparatiroidismo nutricional secundario, la disminución de la tasa de filtración glomerular renal y la disminución de la filtración de fósforo también provocan hiperfosfatemia, la hipervitaminosis D causada por suplementos dietéticos excesivos o toxicidad de plantas eleva los niveles de fósforo y calcio; y pueden disminuir en la malabsorción/digestión de fosfato generalmente se debe al uso de agentes quelantes

de fosfato por vía oral, dietas bajas en fosfato, anorexia, inanición o desequilibrio nutricional, los niveles reducidos pueden ser causados por enfermedad renal con alteración de la reabsorción de fósforo en los túbulos renales, desplazamiento intracelular de fosfato a las células por alcalosis respiratoria, acidosis metabólica, administración de insulina o hiperglucemia (55).

En el plasma o suero, el fósforo existe en forma de fósforo inorgánico (Pi) o fosfato, fósforo lípido y fósforo de éster fosfórico y su distribución amplia y fundamental en los procesos celulares vitales, hace que la deficiencia de fósforo provoque enfermedades clínicas, como debilidad muscular, deterioro de la función de los leucocitos y mineralización ósea anormal que produzca raquitismo, la regulación de la homeostasis del fosfato inorgánico solo pueden ser relevantes durante los cambios a largo plazo (durante un período de días) en la ingesta dietética de Pi (54).

El ion fosfato ( $PO_4$ ) es tolerado y tiene una circulación amplia en animales, el exceso es de fácil excreción a través de la orina, esto indicaría una tolerancia de ingesta excesiva de fósforo, cabe indicar, que altas ingestas de fósforo predisponen a los animales a los cálculos urinarios, a consecuencia del consumo de concentrados (53).

### 3.3 Marco conceptual

- a) **Cercas vivas.** Son estructuras lineales -para dividir los lotes o para demarcar el perímetro de la finca- en las que se utilizan árboles o arbustos como soporte para las cuerdas de alambre y pueden producir forraje para la alimentación del ganado (56). Los árboles para cercas vivas se deben plantar de 1.5 a 3.0 m de distancia (57).
- b) **Poda.** Es el corte de las ramas altas, para poner al alcance las hojas del follaje de los árboles que son consumidos por el ganado (56).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

El estudio que se realizó fue de tipo experimental y analítico; y nivel explicativo.

#### **4.2 Diseño de la investigación**

Se realizó la poda de los árboles de pisonay para obtener el follaje, las hojas y peciolos se secaron en forma natural que después se molieron para obtener la harina, después se prepararon las dietas para cada tratamiento, a los 56 días los cuyes se beneficiaron para obtener sangre que fue centrifugada y obtener el suero sanguíneo que fue analizada mediante kits de determinación de calcio y fosforo, finalmente los datos hallados fueron analizados estadísticamente.

#### **4.3 Descripción ética de la investigación**

Los cuyes fueron criados en jaulas que permitieron su bienestar, se adiciono alimentos adecuados en concordancia con los requerimientos nutricionales y agua a libre disposición, finalmente los cuyes fueron beneficiados según los reglamentos actuales.

#### **4.4 Población y muestra**

Se utilizaron cuyes machos destetados de 15 días de edad con pesos homogéneos provenientes de un solo galpón, se trabajó con 80 cuyes machos. Los cuyes fueron previamente identificados con aretes metálicos y numerados.

#### **4.5 Procedimiento**

Se utilizó el follaje (tanto hojas y peciolos) de árboles de pisonay ubicados como cercas (os) vivos del sector de Mosoccpampa (Tamburco). Se realizó la poda de los árboles de pisonay, normalmente utilizados para la alimentación de los animales, para los 4, 8 y 12 meses de edad rebrote, la edad se rebrote se consideró desde la última poda o último corte realizado por el propietario de la granja.



El follaje cosechado fue sometido al secado natural bajo sombra que después ser molieron con un molino de martillos y así obtener la harina de pisonay que fue utilizado como insumo en las dietas experimentales para los animales (cuyes).

Se utilizó afrecho de trigo, torta de soya, maíz molido, harina de alfalfa (20%) y harina de pisonay (10, 20 y 30%), además, de los siguientes aditivos: fosfato dicálcico, carbonato de calcio, sal común, vitamina C, micosecuestante, premix (vitaminas y minerales) y DL- Metionina.

Se elaboró nueve dietas balanceadas (Tabla 13, anexos), tres por cada edad de rebrote del pisonay y una dieta control (D0) que incluyó harina de alfalfa, en el alimento integral para cuyes. Las dietas se realizaron con software relacionado a cuyes, se consideró para todas las dietas condiciones isoprotéicas de 18% e isoenergéticas de 3000 kcal/kg de MS de Energía Digestible.

Las dietas experimentales fueron las siguientes:

D0: Dieta con la inclusión de 20% de harina de alfalfa

D1: Dieta con la inclusión de 10% de harina de pisonay de 4 meses de edad de rebrote

D2: Dieta con la inclusión de 20% de harina de pisonay de 4 meses de edad de rebrote

D3: Dieta con la inclusión de 30% de harina de pisonay de 4 meses de edad de rebrote

D4: Dieta con la inclusión de 10% de harina de pisonay de 8 meses de edad de rebrote

D5: Dieta con la inclusión de 20% de harina de pisonay de 8 meses de edad de rebrote

D6: Dieta con la inclusión de 30% de harina de pisonay de 8 meses de edad de rebrote

D7: Dieta con la inclusión de 10% de harina de pisonay de 12 meses de edad de rebrote

D8: Dieta con la inclusión de 20% de harina de pisonay de 12 meses de edad de rebrote

D9: Dieta con la inclusión de 30% de harina de pisonay de 12 meses de edad de rebrote

Tabla 8. Composición nutricional (%) de calcio y fósforo utilizada en las dietas experimentales

	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Calcio	1.25	1.60	1.26	1.01	1.60	1.30	1.06	1.61	1.40	1.18
Fosforo	1.05	0.62	0.76	0.92	0.62	0.77	0.93	0.62	0.79	0.96

La crianza de cuyes se realizó en un galpón de cuyes acondicionado, que tuvo iluminación y ventilación suficiente; donde se ubicaron las jaulas para los cuyes que tuvieron 0.9 m de largo, 0.9 m de ancho y 0.40 m de altura, se consideró un espacio vital de 0.20 m<sup>2</sup> por cuy. Las jaulas fueron adecuadas para brindar el confort a los animales mientras dure el trabajo, se utilizaron comederos tipo tolva (base de aluminio) y



bebederos tipo campana. Los cuyes tuvieron una fase de acostumbramiento de 7 días y una experimental por un periodo de 56 días, estos animales fueron alimentados una vez al día (7:00 a 9:00 am) y el agua fue *ad libitum* y de libre acceso. Para el ingreso del galpón se habilitó una poza de desinfección con cal viva y se desinfectó una vez por mes con hipoclorito (6 ml/L de agua).

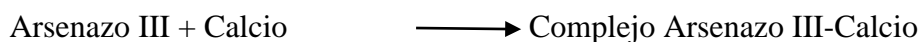
#### 4.6 Técnica e instrumentos

Al finalizar la etapa experimental se procedió a obtener las muestras de sangre directamente de la vena yugular previa insensibilización por dislocación de las vértebras cervicales. Las muestras de sangre (libre de hemólisis) se recolectaron en tubos de ensayo sin anticoagulante. El suero se obtuvo mediante centrifugación (Rotofix 32A Hettich) a 2500 rpm/10 minutos. El suero sanguíneo fue congelado a -20°C (congelador no frost Boch) hasta su posterior análisis.

Para la concentración sérica del calcio y fósforo en los cuyes, se realizó dos lecturas (repeticiones) por cada muestra de cuy (suero sanguíneo) en un analizador bioquímico semiautomático (StatFax 3300).

##### 4.6.1 Perfil bioquímico del calcio

Para la determinación de calcio en suero sanguíneo, se utilizó el método Arsenazo, que contiene Arsenazo III en un medio suavemente alcalino (pH 7.5) que originó un compuesto coloreado de color azul, que es directamente proporcional a la concentración de calcio presente en la muestra, de acuerdo a la siguiente reacción:



En tres tubos de ensayo se adicionó 1 mL de reactivo de trabajo, dicho volumen fue medido con micropipetas monocanal y el procedimiento se realizó como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Distribución de reactivo de trabajo y muestra para la determinación de calcio en suero sanguíneo

	Blanco	Calibrador	Muestra
Reactivo de trabajo (mL)	1.00	1.00	1.00
Calibrador (mL)	---	0.01	---
Muestra (mL)	---	---	0.01



Después de adicionar el calibrador (10 mg/dL) y muestra (suero sanguíneo de cada cuy) en cantidad de 0.01 mL, en los respectivos tubos de ensayo, se homogenizó inmediatamente y se prosiguió con el proceso de reacción durante 2 minutos a una temperatura de 20° a 25° C.

Acabada la etapa de incubación, se procedió a determinar los niveles séricos mediante la lectura a 650 nm de longitud de onda en un analizador bioquímico semiautomático (StatFax 3300).

#### 4.6.2 Perfil bioquímico del fósforo

Para la determinación de fósforo en suero sanguíneo, se realizó por espectrofotometría UV, se utilizó el método propuesto por Daly y Ertingshausen y la modificación de Wang, esta reacción formó el complejo fosfomolibdico no reducido en la muestra, y la absorbancia alcanzada fue proporcional a la concentración de fósforo inorgánico, de acuerdo a la siguiente reacción:

Molibdato de amonio + ácido sulfúrico + fosfato



Complejo inorgánico molibdato fosfórico

En tres tubos de ensayo se adicionó 1 mL de reactivo de trabajo, dicho volumen fue medido con micropipetas monocanal y el procedimiento se realizó como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10. Distribución de reactivo de trabajo y muestra para la determinación de fósforo en suero sanguíneo

	Blanco	Calibrador	Muestra
Reactivo de trabajo (mL)	1.00	1.00	1.00
Calibrador (mL)	---	0.02	---
Muestra (mL)	---	---	0.02

Después de adicionar el calibrador (5 mg/dL) y muestra (suero sanguíneo de cada cuy) en cantidad de 0.02 mL, en los respectivos tubos de ensayo, se homogenizó inmediatamente y se prosiguió con el proceso de reacción durante 10 minutos a una temperatura mayor a 20° C.

Acabada la etapa de incubación, se procedió a determinar los niveles séricos mediante la lectura a 340 nm de longitud de onda en un analizador bioquímico semiautomático (StatFax 3300).





#### 4.7 Análisis estadístico

Se realizó mediante el promedio, valor mínimo y máximo, desviación estándar, coeficiente de variabilidad de cada parámetro y por tratamiento o dieta, así como el intervalo de confianza, de la siguiente manera:

$$P\left(\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot Z_{\alpha/2} < u < \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot Z_{\alpha/2}\right) = 1 - \alpha$$

Donde:

$\bar{X}$ : Promedio

Z: Valor crítico de la distribución normal

estandarizado  $\sigma$ : Desviación estándar n: Tamaño de muestra  $\alpha = 0.05$

Además, se realizó la regresión lineal entre calcio y fósforo, de la siguiente manera:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X$$

Donde:

$b_0$ : Intersección en Y  $b_1$ :

Pendiente de la recta

También, se determinó el coeficiente de correlación lineal ( $r$ ), que mide la intensidad de asociación lineal entre las dos variables, entre el nivel sérico de calcio ( $\hat{Y}$ ) y el nivel sérico de fósforo (X), de la siguiente manera:  $r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$

Dónde:

$\sigma_{xy}$ : Covarianza muestral

$\sigma_x$ : Desviación estándar del nivel sérico de fósforo  $\sigma_y$ :

Desviación estándar del nivel sérico de calcio

Y para medir la fuerza de la correlación lineal (58), se utilizó los siguientes intervalos:

Correlación perfecta:  $\pm 0.96$  a  $\pm 1.00$

Correlación fuerte:  $\pm 0.85$  a  $\pm 0.95$

Correlación alta:  $\pm 0.70$  a  $\pm 0.84$

Correlación moderada:  $\pm 0.50$  a  $\pm 0.69$

Correlación débil:  $\pm 0.20$  a  $\pm 0.49$

Correlación muy débil:  $\pm 0.10$  a  $\pm 0.19$

Correlación nula o inexistente:  $\pm 0.09$  a  $\pm 0.00$

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 4.1.1 Niveles séricos de calcio y fósforo en cuyes (*Cavia porcellus*)

En la tabla 11, se observa los niveles séricos de calcio en cuyes que recibieron las dietas experimentales con la inclusión de harina de pisonay de tres edades de rebrote. El mayor nivel sérico se obtuvo con las dietas D3 y D8 (12.0 y 11.9 mg/dL respectivamente) seguido de la D6 y D4 ambos con 11.6 mg/dL y el menor fue 9.6 mg/dL con la dieta D0. Los valores hallados llegaron en promedio a  $11.1 \pm 1.2$  mg/dL.

Tabla 11. Niveles séricos de calcio (mg/dL) en cuyes (*Cavia porcellus*)

	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Total
n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	80
$\bar{X}$	9.6	11.3	11.2	12.0	11.6	10.5	11.6	10.6	11.9	10.9	11.1
DS	1.0	0.8	1.0	0.6	0.8	0.6	1.2	1.2	1.5	1.3	1.2
CV	10.7	6.8	9.6	5.2	7.0	6.2	11.0	11.9	12.8	12.8	11.2
LI	8.8	10.8	10.4	11.5	11.1	10.0	10.8	9.6	10.8	9.9	10.8
LS	10.3	11.9	11.9	12.4	12.2	10.9	12.6	11.4	12.9	11.8	11.4

D0 a D9: Dietas experimentales

$\bar{X}$ : promedio. DS: desviación estándar. CV: coeficiente de variabilidad

LI: Límite inferior, LS: Límite superior. Intervalo de confianza del 95%

En la tabla 12, se observa los niveles séricos de fosforo en cuyes que recibieron las dietas experimentales con la inclusión de harina de pisonay de tres edades de rebrote. El mayor nivel sérico se obtuvo con las dietas D8 y D6 (7.6 y 7.4 mg/dL respectivamente) seguido de la D5, D3 y D2 en promedio llegaron a 7.2 mg/dL y el menor fue 5.4 mg/dL con la dieta D0. Los valores hallados llegaron en promedio a  $6.8 \pm 0.9$  mg/dL.

Tabla 12. Niveles séricos de fósforo (mg/dL) en cuyes (*Cavia porcellus*)

	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Total
N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	80
$\bar{X}$	5.4	6.8	7.1	7.2	6.3	7.3	7.4	6.7	7.6	6.7	6.8
DS	0.6	0.6	0.9	0.9	0.7	0.9	1.0	0.6	0.5	0.6	0.9
CV	11.5	9.1	13.6	12.9	11.6	13.6	14.1	10.2	7.1	8.8	14.1
LI	4.9	6.4	6.4	6.5	5.8	6.6	6.7	6.2	7.2	6.2	6.6
LS	5.8	7.2	7.8	7.8	6.9	7.9	8.1	7.2	8.0	7.1	7.1

D0 a D9: Dietas experimentales

$\bar{X}$ : promedio. DS: desviación estándar. CV: coeficiente de variabilidad

LI: Límite inferior, LS: Límite superior. Intervalo de confianza del 95%

#### 4.1.2 Relación del calcio y fósforo sanguíneo en cuyes (*Cavia porcellus*)

Como se observa la figura 1, la regresión entre los niveles séricos fue significativa ( $p < 0.05$ ); es decir, existe una relación lineal positiva entre los niveles de calcio y fósforo sanguíneo, además, la fuerza de la correlación lineal fue débil ( $r: \pm 0.20$  a  $\pm 0.49$ ) entre las dos variables.

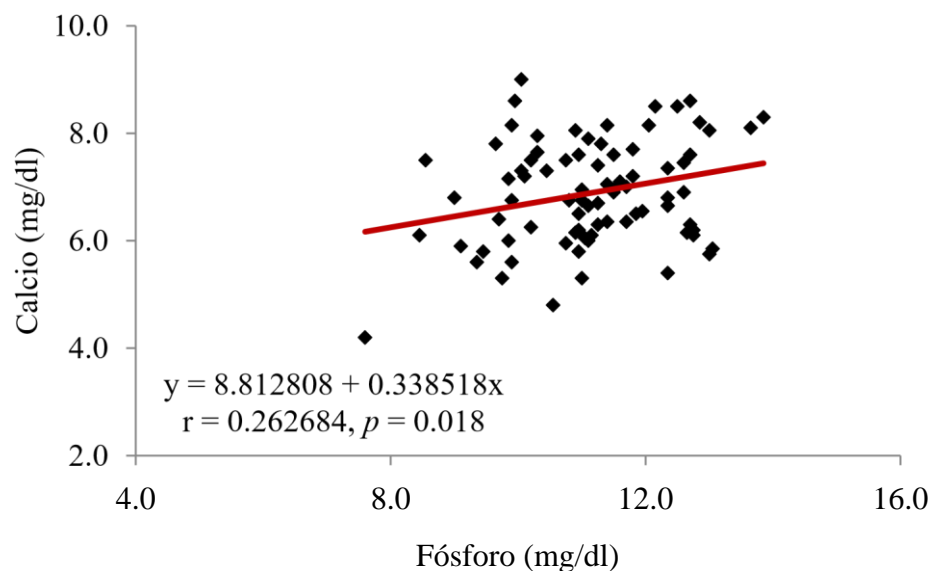


Figura 1. Relación entre los niveles séricos de fósforo y calcio

#### 5.2 Discusión

El nivel sérico del calcio en cuyes alimentados con las dietas D5, D7 y D9 estuvieron cerca del límite mínimo de 11.0 mg/dl reportado por Holowaychuk (2006) (31). Para la dieta D0 que incluía harina de alfalfa, fue similar al límite mínimo de 9.6 mg/dl reportado



por Gross (2009) (32) y fue muy cercano al valor hallado en cuyes machos (9.31 mg/dL) que recibieron una dieta a base de alfalfa (35).

Asimismo, para todas las dietas experimentales, se observó que los valores de calcio estuvieron dentro de los valores indicados por Riggs (33) y Clemons y Seeman (15). Cabe indicar que el promedio hallado ( $11.1 \pm 1.2$  mg/dL) está dentro de los valores reportados por los autores mencionados anteriormente.

Los niveles séricos de fósforo hallado en los cuyes ( $6.8 \pm 0.9$  mg/dL), que recibieron las dietas con la inclusión de harina de pisonay de tres edades de rebrote, reflejaron similitud con los valores reportados por Holowaychuk (31), Riggs (33) y Clemons y Seeman (15) que fueron 5.2-8.2, 3.0-8.0 y 3.0-12.0 mg/dL respectivamente. Para la dieta D0 que incluía harina de alfalfa, fue muy cercano al valor hallado en cuyes machos (5.15 mg/dL) que recibieron una dieta a base de alfalfa (35).

Los niveles séricos de calcio y fósforo hallados resultaron similares a los valores reportados en tres sistemas de producción: familiar, familiar-comercial y comercial (29), esto nos indicaría que las dietas experimentales ofrecidas no provocaría variaciones en el calcio y fósforo sérico, este comportamiento se observó con dietas para cuyes en base a pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pasto aubade (*Lolium sp*) más suplemento concentrado, en las etapas de levante y engorde, donde se reportó para el fósforo valores entre 3.5 a 8.2 y 3.9 a 8.1 mg/dl respectivamente y con respecto al calcio los valores fueron 7.6 a 22.2 y 7.4 a 18.0 mg/dl respectivamente, cabe indicar, que el aporte nutricional del calcio y fósforo en las dietas de levante fue T0: 0.37 y 0.33, T1: 0.39 y 0.37, T2: 0.44 y 0.33 y T3: 0.12 y 0.17 respectivamente y en las dietas de engorde fue T0: 0.67 y 0.57, T1:

0.65 y 0.62, T2: 0.71 y 0.52 y T3: 0.21 y 0.29 respectivamente (28).

El porcentaje de inclusión de harina de pisonay ofrecida a los cuyes a través de las dietas experimentales no provocaría variaciones en los niveles séricos de calcio y fósforo, este comportamiento se observó con la harina de hojas de *Alchornea cordifolia* en diferentes niveles de inclusión (5, 10 y 15%) en la dieta para conejos, ya que con frecuencia es utilizada como harina en la alimentación de no rumiantes, por su uso no indujo variaciones en los índices de calcio, esto indicaría que los conejos tuvieron un crecimiento saludable (30).

Podemos indicar que la harina de pisonay en las dietas experimentales en cuyes no provocaría toxicidad aguda y subcrónica, esto es corroborado en estudios donde se ofreció a ratas Sprague dawley extractos etanólicos de hojas de *Epipremnum aureum*

administrado por vía oral, después de 28 días, los niveles séricos del calcio y fósforo se mantuvieron dentro los rangos normales para la especie (34) como ocurrió en los cuyes. Las dietas experimentales propuestas no provocarían variaciones en los niveles séricos del calcio y fósforo, ya que están dentro de los valores normales en cuyes, esto nos indicaría que existe una correlación lineal positiva ( $r = 0.26$ ) entre ambos metabolitos (Figura 1), valor que resultó ser superior al observado en cuyes machos que recibieron una dieta a base de alfalfa ( $r = 0.10$ ) y no evidenció una asociación significativa (35), cabe indicar que la relación calcio:fósforo en la composición nutricional de las dietas fue 1.66:1.00, indicador que se acerca a los requerimientos nutricionales propuestos por Apraez *et al* (50) y Cordova (51), en ambos casos, indican una relación de 2:1 en dietas que incluían arbustivas y árboles forrajeros tropicales.

En la dieta D8, se observó que los niveles séricos de calcio y fósforo fueron 11.9 y 7.6 mg/dL respectivamente, valores que tienen una relación de 1.56:1.00 y en la D3 (12.0 y 7.2 mg/dL) la relación fue 1.66:1.00 y con respecto a la D0 (9.6 y 5.4 mg/dL) se observó una relación de 1.78:1.00, estos valores encontrados nos demuestran que existe una relación directa con los requerimientos nutricionales de las dietas que incluyeron harina de pisonay que tuvieron una relación de 1.66:1.00.

De acuerdo a los requerimientos propuestos por Apraez *et al* (50) y Cordova (51), mencionan que utilizaron requerimientos nutricionales para el Ca de 1.15 a 1.18% y 0.80% respectivamente, nuestros requerimientos están por encima (a excepción de la D3 y D9) de las dietas propuestas que incluyen harina de pisonay, ese exceso no tendría influencia en los niveles séricos del calcio, esto se corrobora con Suttle (53), menciona que el exceso de calcio nutricional en la alimentación no causaría toxicidad, debido a que los mecanismos homeostáticos aseguran que el exceso de calcio en la dieta se excrete ampliamente en las heces.

Desde el punto de vista nutricional y fisiológico, se menciona que el calcio se requiere en concentraciones óptimas para la locomoción-contracción muscular, la conducción nerviosa, la coagulación de la sangre, la excitación, la división celular y la actividad de una serie de enzimas y hormonas, además, cualquier agente que interfiera con la translocación del calcio puede inhibir la función plaquetaria (15), por otro lado, el balance de calcio en animales adultos está regulado principalmente por la absorción del tracto gastrointestinal, la excreción por los riñones y las tasas de reabsorción y formación ósea (52).

Con respecto al fósforo sérico, probablemente ocurrió una adecuada absorción a nivel intestinal proveniente de la dieta, ya que los requerimientos nutricionales utilizados en las

dietas que incluyeron harina de pisonay, estuvieron por encima de los rangos propuestos por Apraez et al (50) y Cordova (51), esta variación no implicaría efectos en los niveles séricos del fósforo, Suttle (53), menciona que el exceso es de fácil excreción a través de la orina, esto indicaría una tolerancia de ingesta excesiva de fósforo. También, los niveles séricos asegurarían la reabsorción a nivel renal y una regulación ideal de la hormona paratiroidea o paratohormona (54), además, al tener un nivel apropiado de fósforo, asegura el almacenamiento, liberación y transferencia de energía y en el metabolismo ácido-base y tiene una relación directa en animales en crecimiento, también, no existiría problemas de toxicidad (55).



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Los niveles séricos de calcio ( $11.1 \pm 1.2$  mg/dL) y fósforo ( $6.8 \pm 0.9$  mg/dL), hallados en cuyes que recibieron dietas con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote se encuentran dentro de los valores normales.

Existe una relación lineal positiva y la fuerza de correlación lineal fue débil ( $r = 0.26$ ) entre los niveles séricos de calcio y fósforo por la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote en el alimento integral para cuyes.

#### 6.2 Recomendaciones

La harina de pisonay (*Erythrina edulis*) puede ser utilizada como suplemento nutricional para la alimentación de cuyes, ya que aportaría adecuadamente los requerimientos nutricionales de calcio y fósforo.

Se debe incrementar las plantaciones del pisonay (*Erythrina edulis*) a través de proyectos que pueden ser ejecutados por las instituciones públicas privadas en mutuo acuerdo con los propietarios y/o productores de cuyes.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ibrahim M, Camero A, Camargo JC, Andrade HJA. Sistemas Silvopastoriles en América Central : Experiencias de CATIE. In: Congreso Latinoamericano sobre Sistemas Agroforestales para la Producción Agrícola [Internet]. Cali: Fundación CIPAV; 1999. p. 18. Available from: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4026>
2. Escamilo Cárdenas S. El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investig Soc.* 2014;16(28):97–104.
3. Siegel A, Walton RM. Hematology and biochemistry of small mammals. In: Quesenberry KE, Orcutt CJ, Mans C, Carpenter JW, editors. *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery*. Elsevier; 2020. p. 569–582.
4. Coppo JA, Mussart NB. Apoyatura bioquímica al diagnóstico veterinario. Casuística registrada tras 25 años de funcionamiento de un servicio de análisis clínicos. *Rev Vet* [Internet]. 2000;10/11(1–2):34–9. Available from: <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/668>
5. Erazo NC, Coronel N. Niveles de Calcio y Fosforo Sérico en Guacamayos (*Ara sp*) Mantenedos en Cautiverio en Lima, Perú. *Rev Investig Vet del Perú.* 2016;27(3):626.
6. Savón L, Gutiérrez O, Ojeda F, Scull I. Tropical foliage meals: a potential alternative for feeding monogastric species. *Pastos y Forrajes* [Internet]. 2005;28(1):69–79. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121628006>
7. Rodríguez L, Murgueitio E. Género *Erythrina*. In: Gomez M, Rodriguez L, Murgueitio E, Rios CI, Mendez M, Molina C, et al., editors. *Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica*. Tercera ed. Cali; 2002. p. 89–114.
8. Gudiso XC, Hlatini VA, Ncobela CN, Chimonyo M, Mafongoya PL. Serum metabolites and weights of internal organs of broilers fed on varying levels of *Acacia angustissima* leaf meal. *Can J Anim Sci.* 2019;99(3):475–81.
9. Zaher HA, Alawaash SA, Tolba AM, Swelum AA, Abd El-Hack ME, Taha AE, et al. Impacts of *Moringa oleifera* foliage substituted for concentrate feed on growth, nutrient digestibility, hematological attributes, and blood minerals of growing goats under Abu Dhabi conditions. *Sustainability.* 2020;12(15):6096.





10. Saro C, Mateo J, Caro I, Carballo DE, Fernández M, Valdés C, et al. Effect of dietary crude protein on animal performance, blood biochemistry profile, ruminal fermentation parameters and carcass and meat quality of heavy fattening assaf lambs. *Animals*. 2020;10(11):2177.
11. Gomez M, Rodriguez L, Murgueitio E, Rios CI, Mendez M, Molina C, et al. Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica. *Centro de Investigacion en Sistemas Sostenibles. CIPAV*. 2002. 1–171 p.
12. Araújo-Júnior JX, Oliveira MSG, Aquino PGV, Alexandre-Moreira MS, Sant’Ana AEG. A Phytochemical and ethnopharmacological review of the genus *Erythrina*. In: Rao V, editor. *Phytochemicals – A global perspective of their role in nutrition and health*. Londres: Intechopen; 2012. p. 327–52.
13. Ramirez-Borda Y, Cárdenas-Villanueva LA, Ramos De la Riva VA, Gómez-Quispe OE. Serum concentration of aminotranferases in guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed diets based on pisonay (*Erythrina* sp). *Rev Investig Vet del Perú*. 2019;30(3):1099–108.
14. Rodrigo-Condori NT, Flores-Merma H, Ramos-Zuñiga R, Cárdenas-Villanueva LA. Perfil bioquímico renal en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con pisonay (*Erythrina* sp). *Rev Inv Vet Perú*. 2020;31(4):1–9.
15. Clemons DJ, Seeman JL. The laboratory guinea pig [Internet]. 2th editio. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Florida: Taylor & Francis; 2018. 177 p. Available from: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/40087>
16. Cassels BK, Rossi FM, Dallorso ME, Daskal H, Leiva A. Principios toxicos de *Solanum malacoxylon* Sendtner. I. Acción de fracciones separadas por extracción con solventes selectivos sobre le metabolismo fosfo-calcico y tejidos blandos del conejo. *Contrib Científicas y Tecnológicas* [Internet]. 1971;4(3):7–12. Available from: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/119527>
17. Khanyile M, Ndou SP, Chimonyo M. Influence of *Acacia tortilis* leaf meal-based diet on serum biochemistry, carcass characteristics and internal organs of finishing pigs. *Anim Prod Sci*. 2017;57(4):675–82.
18. Instituto Nacional de Estadistica e Informatica. IV Censo Nacional Agropecuario [Internet]. Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario. 2012. 62 p. Available from: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGR O.pdf>
19. Witkowska A, Price J, Hugues C, Smith D, White K, Alibhai A, et al. The effects of diet on anatomy, physiology and health in the Guinea Pig. *J Anim Heal Behav Sci*



- [Internet]. 2017;1(1):103–9. Available from: <https://www.hilarispublisher.com/openaccess/the-effects-of-diet-on-anatomy-physiology-and-health-in-the-guinea-pig.pdf>
20. Sánchez-Macías D, Barba-Maggi L, Morales-delaNuez A, Palmay-Paredes J. Guinea pig for meat production: A systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Sci* [Internet]. 2018;143(May):165–76. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.004>
  21. Jiwuba PC, Ugwu DO, Kadurumba OE, Dauda E. Haematological and serum biochemical indices of weaner rabbits fed varying levels of dried *Gmelina arborea* leaf meal. *Int Blood Res Rev*. 2016;6(2):1–8.
  22. Phelps CA. Calcium. In: Mayer J, editor. *Clinical Veterinary Advisor: Birds and Exotic Pets*. 2012. p. 610–2.
  23. Avendaño N, Castillo A. El género *Erythrina* L. (Leguminosae-Faboideae) en Venezuela. *Acta Bot Venez* [Internet]. 2014;37(2):123–64. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=66919229005&cid=23475>
  24. Inciarte I, Perez A, Hernández E, Sandoval C, Otárola-Luna F, Márquez M, et al. Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Mérida, Venezuela. *Rev Electrónica Conoc Libr y Licenciamiento* [Internet]. 2015;9:140–53. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Otalora-Luna/publication/280922003\\_Presencia\\_del\\_chachafruto\\_Erythrina\\_edulis\\_Triana\\_ex\\_Micheli\\_en\\_el\\_estado\\_Merida\\_Venezuela/links/55cb4f1808aeca747d6be43a/Presencia-del-chachafruto-Erythrina-edulis-Triana-ex](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Otalora-Luna/publication/280922003_Presencia_del_chachafruto_Erythrina_edulis_Triana_ex_Micheli_en_el_estado_Merida_Venezuela/links/55cb4f1808aeca747d6be43a/Presencia-del-chachafruto-Erythrina-edulis-Triana-ex)
  25. Arango Bedoya O, Bolaños Patiño V, Ricaurte Garcia D, Caicedo M, Guerrero Y. Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Rev Univ salud* [Internet]. 2012;14(2):161–7. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v14n2/v14n2a06.pdf>
  26. Quispe US, Pineda ME, Zea D. Caracterización de sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en Tamburco-Apurímac. In: XIX Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias. Puno; 2007.
  27. Cárdenas-Villanueva LA, Ramos-Zuñiga R, Huamán-Gamarra JL, Mena ER. Effect of the inclusion of pisonay meal (*Erythrina edulis*) of three regrowth ages on the productive characteristics in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Rev Investig Vet del Peru*. 2021;32(6):e21702.
  28. Ramos L. Determinación de perfiles metabólicos en fase de levante y ceba de cuyes (*Cavia porcellus*), bajo diferentes tipos de dietas [Internet]. Universidad de Nariño;



2013. Available from: <https://sired.udenar.edu.co/1808/1/89539.pdf>
29. Encalada TA, Ortega LG. Perfil metabólico básico de cobayos machos *Cavia porcellus* en tres sistemas de crianza [Internet]. Universidad de Cuenca; 2020. Available from: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34987/1/Trabajo de Titulacion.pdf>
30. Ebegebulem VN, Dauda A, Duwa H. Haematological and serum biochemical indices of weaned rabbits fed christmas bush (*Alchornea cordifolia*) leaf meal. *J Agric Sci* [Internet]. 2014;17(1):1641–7. Available from: <http://www.adsu.edu.ng/wpcontent/uploads/2019/06/ADSUJAS-2017-Original.pdf>
31. Holowaychuk MK. Renal failure in a guinea pig (*Cavia porcellus*) following ingestion of oxalate containing plants. *Can Vet J* [Internet]. 2006;47(8):787–9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1524846/>
32. Gross DR. General principles of animal selection and normal physiological values. In: Gross DR, editor. *Animal models in cardiovascular research*. Third Edit. New York: Springer Dordrecht Heidelberg; 2009. p. 1–16.
33. Riggs SM. Guinea pigs. In: Mitchell MA, Tully TN, editors. *Manual of exotic pet practice*. Elsevier; 2009. p. 456–73.
34. Das SK, Sengupta P, Mustapha MS, Das A, Sarker MMR, Kifayatullah M. Toxicological investigation of ethanolic extract of *epipremnum aureum* in rodents. *J Appl Pharm Sci*. 2015;5(Suppl 2):57–61.
35. Ortiz M. Niveles séricos y correlaciones del Calcio, Fósforo y Magnesio en cuyes del CIP Majes, Arequipa [Internet]. Universidad Nacional del Altiplano; 2019. Available from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11538>
36. Huarcaya Miraya MG. Las hojas y frutos del antiporoto (*Erythrina edulis*) en la alimentación animal en Kerapata Tamburco Abancay 2018 [Internet]. Universidad Tecnológica de los Andes; 2020. Available from: <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/260>
37. Felix I. Composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina* sp) de diferente edad de rebrote con perspectivas en la alimentación de animales monogástricos [Internet]. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac; 2021. Available from: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1008>
38. Verdecia DM, Herrera RS, Ramírez JL, Paumier M, Bodas R, Andrés S, et al. *Erythrina variegata* quality in the Cauto Valley, Cuba. *Agrofor Syst*. 2020;94(4):1209–1218.
39. Meza GA, Loor NJ, Sánchez AR, Avellaneda JH, Meza CJ, Vera DF, et al. Leaf meals and tropical shrubby foliage (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia*



- and *Hibiscus rosa-sinensis*) in feeding guinea pigs (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Rev Fac Med Vet Zoot.* 2014;61(3):258–69.
40. Palma García JM, Gonzáles-Rebeles Islas C. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable [Internet]. Colima; 2018. 133 p. Available from: [http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-yarbustivos-tropicales\\_462.pdf](http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-yarbustivos-tropicales_462.pdf)
  41. Fuentes Quisaguano OG. Caracterización nutricional del Porotón (*Erythrina edulis*) en dos etapas fenológicas y su potencial productivo en el Cantón Rumiñahui [Internet]. Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador; 2018. Available from: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14894/1/T-ESPE-057961.pdf>
  42. Acero Duarte LE. Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú (*Erythrina edulis*) [Internet]. Bogota: Convenio Andres Bello; 2002. 64 p. Available from: <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll10/id/1300>
  43. Apráez JE, Gálvez AL. Alternativas Alimentarias para la producción pecuaria del Trópico Alto de Nariño [Internet]. Pasto: Editorial Universidad de Nariño; 2019. 92 p. Available from: [https://sired.udenar.edu.co/6115/1/alternativas\\_alimentarias.pdf](https://sired.udenar.edu.co/6115/1/alternativas_alimentarias.pdf)
  44. Chauca L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) [Internet]. 1997. Available from: <http://www.fao.org/3/w6562s/w6562s00.htm>
  45. Gómez BC, Vergara V. Fundamentos de nutrición y alimentación. 1983. p. 38–50.
  46. Sandoval HF. Evaluación de diferentes tipos de dietas en cobayos en crecimiento [Internet]. Universidad Técnica de Ambato; 2013. Available from: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>
  47. Kawasaki K, Min X, Nishiyama A, Sakaguchi E. Effect of fructo-oligosaccharide on nitrogen utilization in guinea pigs. *Anim Sci J.* 2013;84(4):328–33.
  48. Cárdenas Luna SA. Evaluación del efecto de diferentes niveles de suero de leche adicionados al agua de bebida en la alimentación de *Cavia porcellus* machos en la fase de crecimiento y engorde [Internet]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2017. Available from: <http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/8527>
  49. Caycedo A. Alimentación. In: Producción de cuyes [Internet]. Pasto: Universidad de Nariño; 1985. p. 60. Available from: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/23262/22364\\_3085.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/23262/22364_3085.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



50. Apraez-Guerrero JE, Fernandez-Pármio L, Hernandez-Gonzaáes A. Effect of the usage of grasses and non conventional feed on the productive behavior, carcass performance and meat quality of guinea pigs (*Cavia porcellus*). Rev Vet y Zootec [Internet]. 2008;2(2):29.34. Available from:  
<http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v2n2a03.pdf>
51. Cordova Chumbe HA. Inclusión de diferentes niveles de harina de hojas de eritrina (*Erythrina fusca*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L.) de la línea Perú en las fases de inicio, crecimiento y acabado [Internet]. Facultad De Zootecnia. Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2016. Available from:  
[http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS\\_HRP\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS_HRP_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
52. Rosol TJ, Capen CC. Pathophysiology of calcium, phosphorus, and magnesium metabolism in animals. Vet Clin North Am - Small Anim Pract [Internet]. 1996;26(5):1155–84. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616\(96\)500604](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-5616(96)500604)
53. Suttle NF. Mineral Nutrition of Livestock [Internet]. 4ta ed. 2010. 1–587 p. Available from:  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Produccion\\_Animal/Minerals\\_in\\_Animal\\_Nutrition.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Minerals_in_Animal_Nutrition.pdf)
54. Berndt T, Kumar R. Novel mechanisms in the regulation of phosphorus homeostasis. Physiology. 2009;24(1):17–25.
55. Manley C. Phosphorus. In: Mayer J, editor. Clinical Veterinary Advisor: Birds and Exotic Pets. 2012. p. 636–7.
56. Zapata Cadavid A, Tapasco Silva BE. Sistemas silvopastoriles: aspectos teoricos y practicas [Internet]. Segunda. Cali: Editorial CIPAV; 2020. 242 p. Available from:  
<http://www.carder.gov.co>
57. Vidal Gamarra YM. Efecto del diámetro de la estaca en la propagación vegetativa del poroto (*Erythrina edulis*), en condiciones de vivero en la localidad de Huacrachuco - 2015 [Internet]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco; 2016. Available from:  
[https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/2069/TAG\\_Vidal\\_Gamarra\\_Yadith.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/2069/TAG_Vidal_Gamarra_Yadith.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
58. Pérez H. Estadística para las ciencias sociales, del comportamiento y de la salud. 3a. Ed. Mexico: Cengage Learning; 2008. 815 p.



## ANEXOS



Tabla 13. Insumos y composición nutricional de las dietas experimentales para cuyes

Insumos	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Harina de pisonay		10.0	20.0	30.0	10.0	20.0	30.0	10.0	20.0	30.0
Harina de alfalfa	20.0									
Afrechillo de trigo	46.0	58.1	39.9	22.0	58.2	40.3	22.6	59.2	42.2	25.4
Torta de soja	18.4	17.3	16.2	14.5	17.3	16.2	14.3	17.4	16.1	14.6
Harina de maíz	11.9	11.9	21.3	31.4	11.9	21.0	31.0	10.9	19.2	27.9
Fosfato bicálcico	1.4		1.2	1.0		1.2	1.0		1.2	1.0
Carbonato de calcio	0.6	1.6	0.4		1.6	0.4		1.6	0.4	
Sal común	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamina C	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Micosecuestante	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Minerales y Vitaminas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
DL- Metionina	0.1	0.02	0.1	0.17	0.02	0.1	0.17	0.02	0.1	0.17
Nutrientes calculados										
Materia seca, %	93.4	93.7	93.6	93.5	93.6	93.6	93.5	93.6	93.6	93.8
Proteína cruda, % MS	17.4	17.9	17.7	17.5	17.8	17.7	17.6	17.9	17.8	17.8
Energía digestible, Mcal/Kg	3.06	2.96	3.01	3.01	2.97	3.01	3.01	2.98	2.98	3.01

Tabla 14. Datos estadísticos para los niveles séricos del calcio

Dietas	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación (%)		
				Mínimo	Máximo	
D0	8	9.5937	1.0317	10.7549	7.60	11.05
D1	8	11.3687	0.7736	6.8050	10.10	12.75
D2	8	11.2437	1.0903	9.6974	10.05	13.05
D3	8	12.0062	0.6327	5.2697	10.90	12.70
D4	8	11.6938	0.8235	7.0423	10.75	13.00
D5	8	10.5313	0.6573	6.2418	9.85	11.25
D6	8	11.6625	1.2833	11.0040	9.95	13.85
D7	8	10.5500	1.2637	11.9789	8.55	12.75
D8	8	11.9000	1.5255	12.8193	9.00	13.65
D9	8	10.9063	1.3988	12.8260	8.45	12.60
Total	80	11.1456	1.2544	11.2548	7.60	13.85

Tabla 15. Datos estadísticos para los niveles séricos del fósforo

Dietas	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación (%)		
				Mínimo	Máximo	
D0	8	5.4062	0.6236	11.5349	4.20	6.05
D1	8	6.8625	0.6272	9.1396	6.10	7.60
D2	8	7.1562	0.9770	13.6529	5.40	8.05
D3	8	7.2125	0.9353	12.9680	6.15	8.50
D4	8	6.3937	0.7461	11.6700	5.30	7.50
D5	8	7.3000	0.9982	13.6741	6.00	9.00
D6	8	7.4625	1.0588	14.1895	6.15	8.60
D7	8	6.7687	0.6963	10.2883	5.95	7.95
D8	8	7.6437	0.5480	7.1693	6.80	8.20
D9	8	6.7062	0.5936	8.8526	6.00	7.80
Total	80	6.8912	0.9734	14.1252	4.20	9.00



Tabla 16. Estadísticas de la regresión

Indicadores	Valores
Coefficiente de correlación múltiple	0.262685
Coefficiente de determinación $R^2$	0.069003
$R^2$ ajustado	0.057067
Error típico	0.945222
Observaciones	80

Tabla 17. Análisis de varianza para la regresión

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Razón-F	Valor crítico de F
Regresión	1	5.1651684	5.16516844	5.78118261	0.01857015
Residuos	78	69.6887066	0.89344496		
Total	79	74.853875			

Tabla 18. Coeficientes de la regresión

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	8.81280791	0.9797362	8.9950825	1.1031E-13	6.86230298	10.7633128
Variable X1	0.33851871	0.1407908	2.4044089	0.01857015	0.05822572	0.6188117





Figura 2. Arboles de pisonay en cerca viva



Figura 3. Hojas y peciolo de pisonay en proceso de secado



Figura 4. Molienda de hojas y peciolo



Figura 5. Dieta experimental



Figura 6. Dietas experimentales etiquetadas



Figura 7. Consumo de las dietas experimentales



Figura 8. Micropipetas monocanal



Figura 9. Puntas de pipeta descartables



Figura 10. Analizador bioquímico semiautomático Stat Fax 3300

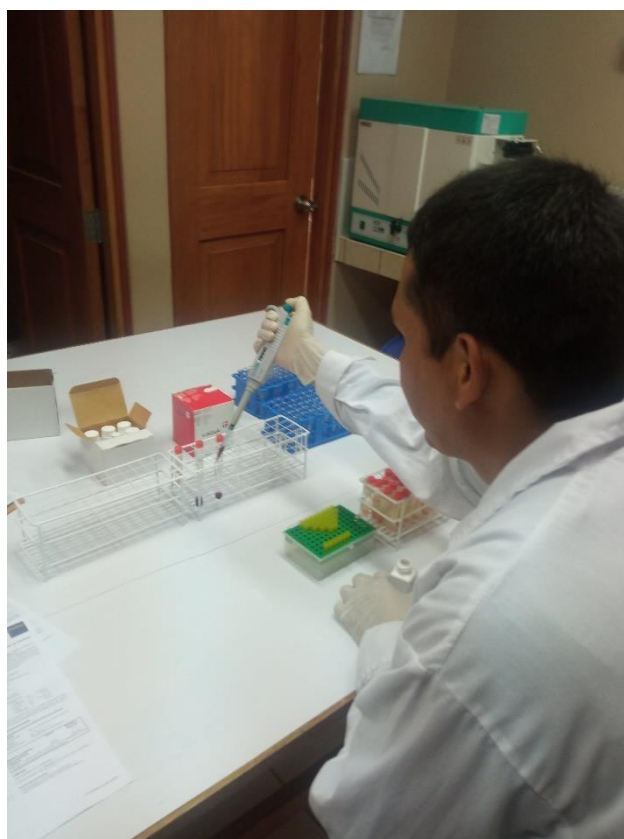


Figura 11. Reactivo de trabajo para la determinación de calcio

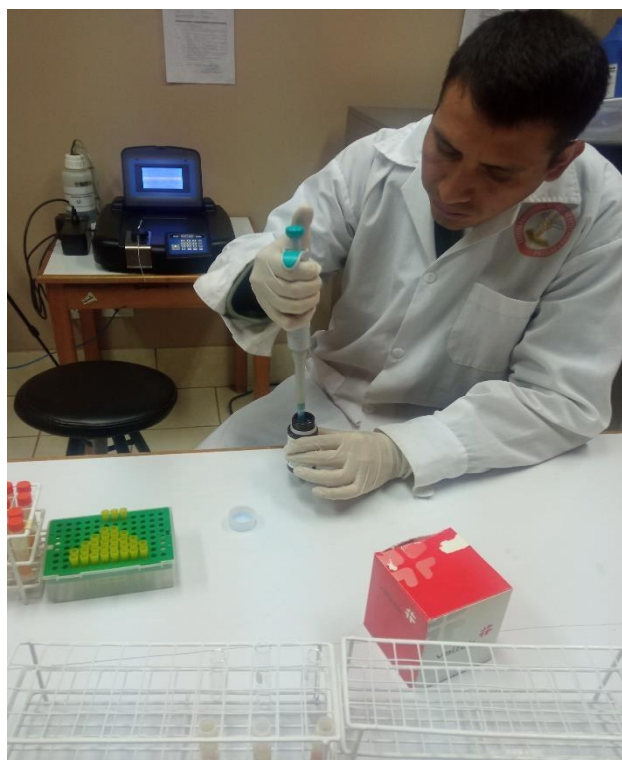


Figura 12. Reactivo de trabajo para la determinación de fósforo



Figura 13. Lectura de las muestras de suero sanguíneo