



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL



TESIS

VALOR NUTRICIONAL DEL PISONAY (*Erythrina edulis*) EN CUYES (*Cavia porcellus*)

PRESENTADA POR:

LUDWING ANGEL CÁRDENAS VILLANUEVA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIA ANIMAL

PUNO, PERU

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL

TESIS

VALOR NUTRICIONAL DEL PISONAY (*Erythrina edulis*) EN CUYES (*Cavia porcellus*)

PRESENTADA POR:

LUDWING ANGEL CÁRDENAS VILLANUEVA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIA ANIMAL



APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

Ph. D. JOSE LUIS BAUTISTA PAMPA

PRIMER MIEMBRO

Dr. ALBERTO CCAMA SULLCA

ASESOR DE TESIS

Dr. ELISEO PELAGIO FERNÁNDEZ RUELAS

Puno, 15 de diciembre de 2022

ÁREA: Producción animal

TEMA: Nutrición del cuy

LÍNEA: Alimentación de animales menores



DEDICATORIA

A mis padres, Angel y Yeni

Por darme la vida y la oportunidad de disfrutar las cosas bellas que nos ha deparado el destino en compañía de mis amores Angela Luciana, Luis Adriano y Angela Cristina.

A mi hermana

Angela Charmila

Con mucho cariño y respeto.

A Ruth, amiga y compañera de mi vida.

A Alejandra Sofía, Izel Camila, Lourdes, Geraldine y Kylie Grazia, Dominga y Susana.

Por compartir nuestras vidas.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, especialmente al Doctorado en Ciencia Animal y su plana docente, por la oportunidad de la realización del estudio de doctorado y graduación.

Al Ph. D. Bernardo Roque Huanca, por aceptar la dirección de esta tesis y haberme orientado en la tarea investigadora, mostrando un constante e incalculable apoyo, paciencia y entusiasmo en el proyecto.

A Rosmery Herrera Chahua, Jennefer Vega Cruz, Isaura Felix Collado, Yaneth Valderrama Damian y Ruth Ramos Zuñiga por participar activamente en las diferentes etapas del proyecto.

A aquellas personas que, directa o indirectamente, han estado a mi lado durante todo este tiempo, en el que me han ofrecido su amistad sin pedir nada a cambio.

Al Ph. D. José Luis Bautista Pampa, Dr. Alberto Ccama Sulca y Dr. Eliseo Pelagio Fernández Ruelas, distinguidos miembros del Jurado, por sus opiniones para perfeccionar el presente trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	3
1.1.1 Características generales del género Erythrina	3
1.1.2 Factores antinutricionales del genero Erythrina	6
1.1.3 Uso del forraje del género Erythrina en la alimentación animal	7
1.1.4 Composición nutricional del género Erythrina	8
1.1.5 Fisiología digestiva del cuy	10
1.1.6 Requerimiento nutricional del cuy	13
1.1.7 Ganancia de peso vivo del cuy	15
1.1.8 Retribución económica en la producción de cuyes	16
1.2 Antecedentes	18

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema	23
2.2 Enunciados del problema	24
2.3 Justificación	24

iii



2.4	Objetivos	25
2.4.1	Objetivo general	25
2.4.2	Objetivos específicos	25
2.5	Hipótesis	25
2.5.1	Hipótesis general	25
2.5.3	Hipótesis específicas	25

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de estudio	27
3.2	Población	27
3.3	Muestra	28
3.4	Método de investigación	28
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	29
3.5.1	Variables	29
3.5.2	Determinación de la composición química de la harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>)	29
3.5.3	Determinación de la digestibilidad de la harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>)	31
3.5.4	Determinación de la respuesta animal de los cuyes alimentados con la inclusión de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>)	33
3.5.5	Análisis económico	34
3.5.3	Aplicación de prueba estadística inferencial	36

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Composición nutricional de la harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>)	38
4.2	Digestibilidad aparente de la harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>)	42
4.3	Ganancia de peso vivo	46
4.4	Retribución económica de las dietas	49
		iv



CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	70



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Metabolitos secundarios en el género <i>Erythrina</i>	7
2. Distribución de tratamientos y repeticiones de los cuyes	28
3. Insumos alimenticios en las dietas experimentales y control para cuyes, %	34
4. Índices propuestos para determinar la retribución económica de las dietas	35
5. Costo de los insumos alimenticios de las dietas	35
6. Composición nutricional de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 4 meses de edad de rebrote	38
7. Digestibilidad aparente de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 4 meses de edad de rebrote	42
8. Digestibilidad aparente de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 8 meses de edad de rebrote	43
9. Digestibilidad aparente de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 12 meses de edad de rebrote	44
10. Ganancia de peso vivo diario (g/animal/día) de cuyes (<i>Cavia porcellus</i>)	46
11. Retribución económica de las dietas ofrecidas a los cuyes	49
12. Composición nutricional de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 4 meses de edad de rebrote	71
13. Composición nutricional de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 8 meses de edad de rebrote	72
14. Composición nutricional de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 12 meses de edad de rebrote	72
15. Composición nutricional de harina de maíz	73
16. Composición nutricional calculada de la mezcla alimenticia	73
17. Consumo de la mezcla alimenticia, 66.35% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 8 meses de edad de rebrote	75
18. Consumo de la mezcla alimenticia, 73.50% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 12 meses de edad de rebrote	76
19. Composición nutricional de las heces, 64.00% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 4 meses de edad de rebrote	77



20. Composición nutricional de las heces, 66.35% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 8 meses de edad de rebrote	77
21. Composición nutricional de las heces, 73.50% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 12 meses de edad de rebrote	78
22. Variables de medición realizadas en la mezcla alimenticia, 64.00% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 4 meses de edad de rebrote	79
23. Variables de medición realizadas en la mezcla alimenticia, 66.35% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 8 meses de edad de rebrote	79
24. Variables de medición realizadas en la mezcla alimenticia, 73.50% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 12 meses de edad de rebrote	80
25. Coeficiente de digestibilidad aparente (%), 64.00% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 4 meses de edad de rebrote	81
26. Coeficiente de digestibilidad aparente (%), 66.35% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 8 meses de edad de rebrote	81
27. Coeficiente de digestibilidad aparente (%), 73.50% de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) de 12 meses de edad de rebrote	82
28. Resumen estadístico para ganancia de peso diario (g/animal/día)	83
29. Análisis de Varianza para ganancia de peso diario (g/animal/día) por tratamiento	83
30. Efecto de la edad de rebrote (meses) en la ganancia de peso diario (g/animal/día)	83
31. Efecto de la inclusión de harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) en la ganancia de peso diario (g/animal/día)	84
32. Análisis de varianza para ganancia de peso diario (g/animal/día), según efectos	84
33. Peso vivo final y peso de carcasa por tratamiento	85



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Árbol de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) destinado a forraje	4
2. Ramas de árbol de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) destinado a forraje. (A) 4 meses. (B) 8 meses. (C) 12 meses de edad de rebrote	5
3. Hojas y peciolo de árbol de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) destinado a forraje. (A) 4 meses. (B) 8 meses. (C) 12 meses de edad de rebrote	5
4. Datos meteorológicos adaptados según SENAMHI	27
5. Sector de Mosoccpampa, Tamburco	86
6. Infraestructura para la crianza de cuyes	86
7. Árboles de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) destinados a forraje	87
8. Cosecha de árboles de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>)	87
9. Secado de hojas y peciolo de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>) bajo sombra	88
10. Proceso de molienda de hojas y peciolo	88
11. Elaboración de mezcla alimenticia	89
12. Jaulas metabólicas individuales	89
13. Pesaje de residuos de la mezcla alimenticia	90
14. Pesaje de las heces	90
15. Cuy en proceso de alimentación	91
16. Pesaje de los insumos alimenticios	91
17. Mezcla de los insumos alimenticios	92
18. Alimento integral etiquetado	92
19. Pesaje de residuos del alimento integral según tratamiento	93
20. Distribución de alimento integral según tratamiento	93
21. Consumo de alimento integral en comederos tipo tolva	94
22. Distribución de agua, previa limpieza del bebedero tipo campana	94
23. Pesaje de la carcasa fría	95



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Datos y análisis estadístico de la harina de pisonay (<i>Erythrina edulis</i>)	71
2. Panel fotográfico	86

RESUMEN

Se cosechó la biomasa comestible mediante la poda de árboles de pisonay (*Erythrina edulis*) de 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote, posteriormente se sometió al secado bajo sombra y molienda. En la harina de pisonay se determinó la composición nutricional. La digestibilidad aparente se realizó en la mezcla de harina de pisonay y maíz por el método directo en tres cuyes. Para la ganancia de peso vivo se elaboró 10 dietas, con la inclusión de 10, 20 y 30% de harina de pisonay por cada edad de rebrote y una dieta control, para la alimentación de 120 cuyes. En la composición nutricional y digestibilidad se aplicó intervalo de confianza. La ganancia de peso vivo diario se analizó mediante el diseño completamente aleatorizado en diez tratamientos con tres réplicas. La MS fue 92.0%, la PC y FDN decrecieron de 22.0 a 20.7% y 47.0 a 44.1%, los CNF tuvieron un rango de 20.5 a 24.6% y la ET: 4.25 a 4.30 Mcal/kg. El CDMS, CDPC y CDFDN disminuyeron de 50.1 a 45.8%, 62.1 a 46.2% y 25.0 a 20.0%, el CDCNF se incrementó de 70.0 a 72.4% y la ED disminuyó de 1.92 a 1.58 Mcal/kg. La ganancia de peso fue similar entre las dietas (11.66 ± 1.87 g/animal/día). La retribución económica fue mayor con la dieta 12M30 (110.5%). La edad de rebrote ocasionó variaciones en la composición nutricional y digestibilidad y la inclusión de harina de pisonay de tres edades de rebrote no provocó variaciones en la ganancia de peso en cuyes.

Palabras clave: Composición nutricional, digestibilidad, ganancia de peso, harina, hojas, retribución económica.



ABSTRACT

The edible biomass was harvested by pruning pisonay (*Erythrina edulis*) trees of 4, 8 and 12 months of regrowth age, subsequently subjected to drying under shade and crushed. In pisonay meal, the nutritional composition was determined. The apparent digestibility of the mixture of pisonay and cornmeal was carried out by the direct method in three guinea pigs. For live weight gain, 10 diets were prepared, with the inclusion of 10, 20 and 30% pisonay of food for each regrowth age and a control diet, for feeding 120 guinea pigs. In the nutritional composition and digestibility, a confidence interval was applied, weight gain live was analyzed using a completely randomized design in ten treatments with three replicates. DM was 92.0%, CP and NDF decreased from 22.0 to 20.7% and 47.0 to 44.1%, NFC had a range from 20.5 to 24.6% and TE: 4.25 to 4.30 Mcal/kg. DCDM, DCCP and DCNDF decreased from 50.1 to 45.8%, 62.1 to 46.2% and from 25.0 to 20.0%, DCNFC increased from 70.0 to 72.4% and DE decreased from 1.92 to 1.58 Mcal/kg. Weight gain was similar between diets (11.66 ± 1.87 g/animal/day). The economic retribution was greater with the 12M30 diet (110.5%). The regrowth age caused variations in the nutritional composition and digestibility and the inclusion of foods of three regrowth ages did not cause variations in the weight gain in guinea pigs.

Keywords: Digestibility, economic compensation, leaves, meal, nutritional composition, weight gain.

INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria en clima templado se ve afectada, entre otros factores, por la baja calidad nutritiva de los pastos, en especial de gramíneas, debido a las altas temperaturas y la alta radiación que las hace madurar y lignificarse muy rápido; adicional a esto, las condiciones edafoclimáticas restringen el cultivo de variedades con mejor perfil nutricional (Apráez *et al.*, 2013). A medida que aumenta la edad de rebrote, ya sea en una u otra época, la calidad del pasto disminuye con respecto a la proteína e incrementa la fibra (Ramírez *et al.*, 2003; Sánchez & Faria, 2008), trae como consecuencia el incremento del contenido de materia seca (8.7 a 13.3%) y grasa (de 2.9 a 4.8%), sin embargo, los contenidos de proteína cruda y cenizas disminuyeron significativamente de 28.3 a 20.6%, de 8.8 a 7.4% respectivamente, debido en gran parte por efecto de la conversión de productos fotosintéticos a componentes estructurales, que provocan la disminución de proteínas y glúcidos solubles (Araque *et al.*, 2006).

En la región de Apurímac se tiene el 7.97% de la población nacional de cuyes que se crían en sistemas de crianza familiar y familiar comercial (INEI, 2012), a nivel nacional es realizada por pequeños y medianos productores que representan el 45.6% y el 25.1% es criado a gran escala (INEI, 2018), 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 (Witkowska *et al.*, 2017), otra es alimentar con forrajes y restos de vegetales de la agricultura y también proveniente de los mercados, para producir proteína animal, a un costo comparativamente bajo, a base de piensos, forrajes y residuos vegetales (Sánchez *et al.*, 2018), como la utilización del forraje fresco y procesadas (harina) de las hojas provenientes de la *Erythrina poepigiana* (Meza *et al.*, 2018) y *Erythrina edulis* (Cárdenas *et al.*, 2021) en la alimentación de cuyes.

Se ha demostrado que las especies del género *Erythrina* presentan alcaloides, flavonoides, esteroides, saponinas, taninos y compuestos fenólicos en las hojas (Sakat & Juvekar, 2010; Verdecia *et al.*, 2020), la elaboración de harinas provenientes de las especies forrajeras arbustivas y arbóreas son una alternativa para ser incluidas en la alimentación animal, pueden ayudar a contrarrestar o corregir los efectos negativos de los factores antinutricionales (compuestos secundarios) y aprovechar mejor sus efectos positivos (Savón *et al.*, 2005), procesos previos a la obtención de harina de hojas como el secado al aire a temperatura ambiente pueden disminuir los factores antinutricionales y sus



efectos (Adekojo *et al.*, 2014), además, como suplemento ha demostrado sus bondades nutritivas y productivas en la alimentación de cuyes (Guevara *et al.*, 2013; Meza *et al.*, 2014b).

En el valle interandino de Abancay se utiliza el pisonay (*Erythrina edulis*) para la alimentación animal, por sus bondades nutricionales, donde se demostró que la proteína cruda en hojas y peciolo está en rangos desde 20.1 ± 0.8 a $26.1 \pm 1.5\%$ y la fibra detergente neutra de 58.0 % (Choque *et al.*, 2018), también las hojas y peciolo del forraje de pisonay (*Erythrina edulis*) que fueron cosechados a los 12 meses de edad de rebrote, tuvieron una energía digestible estimada de 2.6 Mcal /kg MS (Cárdenas *et al.*, 2018).

El propósito de la investigación se basó en describir la composición nutricional y la digestibilidad aparente (jaulas metabólicas) de la harina de hojas de la *Erythrina edulis* de tres edades de rebrote (4, 8 y 12 meses), además, del efecto de la inclusión de 10, 20 y 30% en la ganancia de peso diaria en cuyes y cuál de las dietas tienen una mejor retribución económica, después de 56 días de crianza en jaulas tipo aérea.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Características generales del género *Erythrina*

Las especies del género *Erythrina* constan de 70 neotropicales, 31 africanas y 12 asiáticas, el género es probablemente de origen sudamericano, varias especies están limitadas a zonas ecológicas específicas como la *Erythrina edulis* que se encuentra solo en elevaciones altas de los Andes, la *Erythrina fusca* se encuentra en todas las regiones costeras de los trópicos, la *Erythrina berteroana* se usa ampliamente como una cerca viva desde el nivel del mar hasta elevaciones de 2.000 m en América Central y del Sur (Kass, 1994). Otra de las especies, es la *Erythrina ulei* que se encuentra desde los bosques submontanos a 800 m hasta la línea de bosque a 3625 m en la Reserva de Biosfera del Manu, especialmente a 1500 m (Farfan *et al.*, 2015) y la *Erythrina poeppigiana* que se distribuye en el área subandina y hasta en la amazonia Peruana (Lozano & Zapater, 2010).

El pajuro, oriundo de Latinoamérica, fue cultivado y aprovechado por los Incas y las culturas regionales asentadas en distintas áreas de los Andes, fue cultivado en la ceja de selva, los valles interandinos y en algunos valles costeros de la región norte del país, los árboles que no son destinados para la alimentación animal son frondoso de altura variable, tiene en promedio entre 10 a 15 metros (Escamilo, 2012).

En el valle interandino de Abancay existe la especie *Erythrina edulis* (Figura 1), se reporta desde Panamá hasta Bolivia y se le conoce como chachafruto (Avendaño & Castillo, 2014), comúnmente conocida en Perú como basúl, pajuro, antiporoto, pashuro, pashigua, poroto y pisonay, prospera en un piso altitudinal que está entre los 1200 y los 2600 metros y requiere entre 1500 a 2000 milímetros de lluvia al año, la utilidad de este árbol radica principalmente como alimento humano (semillas), y las

hojas y ramas tiernas pueden darse como alimento forrajero a las cabras, caballos, cerdos y conejos (Inciarte *et al.*, 2015), como también a los cuyes.



Figura 1. Árbol de pisonay (*Erythrina edulis*) destinado a forraje

Las ramas (Figura 2) en los árboles de pisonay (*Erythrina edulis*) fueron perdiendo flexibilidad, la variación del color fue de pardo rojizo a verde claro. Se observaron la presencia de espinas en la base que se pierden hacia el ápice, el tamaño fue variable, que va desde 2, 5 y 7 mm, además, el tamaño de las ramas fue en promedio de 0.9, 1.8 y 3.0 m al incrementarse la edad de rebrote.



Figura 2. Ramas de árbol de pisonay (*Erythrina edulis*) destinado a forraje. (A) 4 meses. (B) 8 meses. (C) 12 meses de edad de rebrote

Las hojas son trifoliadas de un verde oscuro intenso, los folíolos son de 12 a 17 cm de largo x 6 a 12 cm de ancho, ovados a ampliamente ovados, pubérulos, tricomas simples; base cuneada a truncada-redondeada; ápice agudo; los peciolos de 12 a 27 cm, algunas veces con la base semiengrosada a manera de pulvínulo; raquis de 3 a 9 cm; los peciolulos menores de 1 cm; estípelas diminutas, menores de 0.1 cm; y con estípulas caducas (Velásquez *et al.*, 2019).

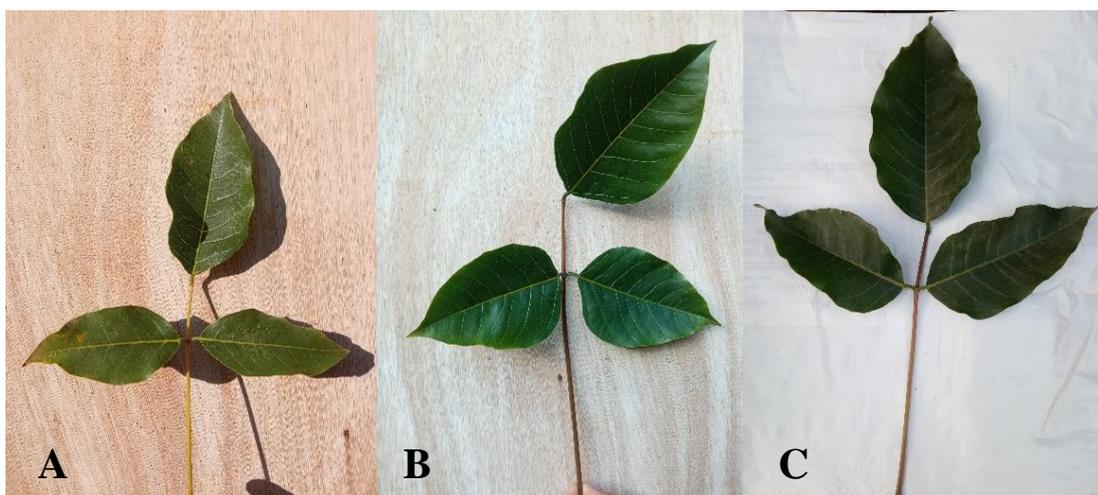


Figura 3. Hojas y peciolo de árbol de pisonay (*Erythrina edulis*) destinado a forraje. (A) 4 meses. (B) 8 meses. (C) 12 meses de edad de rebrote

La longitud de las hojas a los 4 meses de edad de rebrote fue en promedio 10 cm y de ancho 6 cm, a los 8 meses fue 16 x 11 cm y a los 12 meses 15 x 12 cm; los peciolo

tuvieron en promedio una longitud de 12, 18 y 19 cm respectivamente; el raquis en todos los casos estuvo entre 4 a 6 cm y los peciolulos fueron menores de 1 cm. También, se observó en algunos peciolos, la presencia de 1 a 3 espinas a los 4 y 8 meses de edad de rebrote; en el haz de algunas hojas principales o terminales (parte basal de las ramas) de 8 meses de edad de rebrote, a nivel del nervio central se observaron entre 1 a 3 espinas.

1.1.2 Factores antinutricionales del genero *Erythrina*

Las especies de leguminosas contienen metabolitos secundarios, se denominan factores antinutricionales, compuestos que se originan en el metabolismo primario y secundario de las plantas (D'Mello, 2006) que pueden causar un efecto negativo en el valor nutricional del alimento, así como en la salud animal (Ospina *et al.*, 2017). La presencia de metabolitos secundarios como taninos y saponinas en plantas sugiere la posibilidad de efectos negativos cuando se utilizan como materia prima en la alimentación animal (Nepomuceno *et al.*, 2013) a medida que aumenta la edad de rebrote los metabolitos secundarios también tienden a incrementar, los taninos condensados presentes en la *Erythrina variegata* tendría efectos adversos sobre la fermentación ruminal (Verdecia *et al.*, 2019).

Los alcaloides de pirrolizidina se presentan como mezclas complejas de compuestos estructuralmente diferentes, 660 metabolitos secundarios que se encuentran en más de 6000 especies de plantas, la relación estructura-actividad toxicológicamente relevante de estos actualmente se consideran un grupo de evaluación acumulativa y se evalúan juntos bajo el supuesto de un potencial de toxicidad ya que provocan intoxicación aguda que induce daño hepático severo (Luckert *et al.*, 2018). La gran cantidad de taninos presentes en muchos alimentos dificulta su utilización como alimento no solo para rumiantes, los taninos crean problemas nutricionales como la reducción de la ingesta voluntaria de alimento y la digestibilidad de los nutrientes y la absorción de minerales, y la ingesta excesiva y continua de taninos provoca toxicidad y reducción de la productividad animal (Kumar & Vaithyanathan, 1990).

La mimosina es un aminoácido no esencial presente en mayor cantidad en las hojas de árboles forrajeros leguminosos, se metaboliza en el rumen y produce derivados que son tóxicos, que provocan pérdida de pelo, bocio, trastornos reproductivos, daño epitelial, disminución de la ingesta de alimento y muerte, también, las saponinas

esteroideas afectan las funciones entero-hepáticas de los rumiantes, principalmente ovejas y cabras, en ovejas los hígados están agrandados y firmes, ictericos con vesículas biliares dilatadas, es posible que otras toxinas vegetales o fúngicas también afecten la función hepática, lo que conduce a un metabolismo anormal de la saponina vegetal ingerida, que provocaría la formación de cristales de bilis (Salam & Rajion, 1997).

Tabla 1

Metabolitos secundarios en el género Erythrina

Especie	Fenoles	Saponinas	Taninos	Esteroles	Alcaloides
<i>Erythrina variegata</i> ¹		-	+	+	+++
<i>Erythrina glauca</i> ²	+++	-	+		+++
<i>Erythrina falcata</i> ³			++	+	+
<i>Erythrina edulis</i> ⁴		++	-	+	++
<i>Erythrina ulei</i> ⁴		++	-	+	+++
<i>Erythrina velutina</i> ⁵	++	-	-		+
<i>Erythrina mysorensis</i> ⁶	++	-	++		++

Fuente: ¹Alvear *et al.* (2013), ²Régnier *et al.* (2013), ³Almeida (2010), ⁴Fuertes *et al.* (2010), ⁵Baldizán *et al.* (2006), ⁶Rodríguez *et al.* (2004)

Presencia cuantiosa (+++), presencia notable (++), presencia leve (+) y ausencia (-).

1.1.3 Uso del forraje del género *Erythrina* en la alimentación animal

Las hojas de *Erythrina poeppigiana* usadas como suplemento proteico en cabras estabuladas produce incrementos significativos en la producción de leche (Esnaola & Ríos, 1990), en mezclas de ensilados mejoran la proteína degradable y proteína sobrepasante (López & Briceño, 2017) y como follaje verde es una opción alimenticia alternativa no convencional para el engorde de conejos Nueva Zelanda (Sánchez *et al.*, 2018). Las hojas de *Erythrina abyssinica* provoca el aumento de peso diario de ovejas y cabras (Larbi *et al.*, 1993). La *Erythrina indica* (Amanullah *et al.*, 2006) y *Erythrina brucei* (Geta *et al.*, 2014) pueden considerarse una fuente potencial de proteínas, la *Erythrina fusca* fresca picada ofrecida a voluntad incrementa la tasa de degradabilidad y disponibilidad de la proteína a nivel intestinal (Cuéllar *et al.*, 1992) y la *Erythrina variegata* mejora las características de ingesta, digestibilidad de proteína y retención de nitrógeno (Kongmanila & Ledin, 2009). El perfil de

aminoácidos es comparable a otros forrajes ricos en proteína, la harina de hojas de *Erythrina glauca* tienen mayor contenido de ácido aspártico y menor contenido de glicina (Régnier *et al.*, 2012) y la harina de *Erythrina indica* tiene mejor rendimiento en el proceso de extrusión (Pasupathi *et al.*, 2015).

La utilización de las hojas de *Erythrina glauca* para alimentar cerdos en sistemas de pequeña escala ubicados en áreas tropicales puede ser sustituida en solo una pequeña fracción de la dieta basal (Régnier *et al.*, 2013). Las hojas de *Erythrina brucei* pueden servir como fuente de proteína alternativa y usarse como un suplemento del heno pobre en la alimentación de cabras criadas por pequeños agricultores que no pueden permitirse comprar alimentos concentrados (Yinnesu & Nurfeta, 2012), también el follaje de *Erythrina variegata* es una fuente valiosa de proteínas hasta el 60% de una dieta mixta sin causar ningún efecto adverso en el crecimiento de las cabras (Kongmanila *et al.*, 2012).

Se ejecutó una investigación en el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, una altitud de 2760 msnm, para lo cual se usaron 36 cuyes destetados mejorados de la línea Perú, con pesos homogéneos, distribuidos en 4 tratamientos con 3 repeticiones y 3 cuyes como unidad experimental, que fueron ubicados en pozas con dimensiones de 0.6 x 0.6 y 0.6 de altura, con comederos y bebederos de arcilla, se incluyó harina de cacuy (*Erythrina berteroana*), árbol de leguminosa del VRAEM, con ello se preparó 4 tipos de alimento balanceado (tratamientos) con niveles de 0, 10, 20 y 30% de inclusión en la ración, el periodo de evaluación fue 60 días, se demostró que la inclusión del 10 % de la harina de cacuy en el alimento balanceado, estimula una mayor ganancia de peso (665.33 g) y mejora la conversión alimenticia (3.5); además en sus diferentes niveles de inclusión presentaron mejores retribuciones económicas pero el tratamiento 4 es el que obtuvo menor costo de alimentación y mayor rentabilidad (115.05%), con ello se recomienda su uso del cacuy como ingrediente alimenticio para el engorde de cuyes (Quijano & Pozo, 2018).

1.1.4 Composición nutricional del género *Erythrina*

Las hojas maduras de *E. abyssinica*, *E. bentipoeme*, *E. brucei*, *E. burana*, *E. melanacantha*, *E. poeppigiana* y *E. variegata* mostraron una gran variabilidad en el valor nutritivo, el contenido de proteína fue desde 19 a 35%, la FDN de 36 a 58% y

la FDA 27 a 43%, indicadores que ayudarían en la selección de forrajeras para la alimentación animal (Larbi *et al.*, 1996), en otro estudio, se seleccionaron rebrotes (follaje y tallos tiernos) de 4 a 6 meses provenientes de árboles seleccionados al azar, la leguminosa *E. berteriana*, mostró un valor alto de proteína (29.2%) y por su contenido de FDN (58.5%) y FDA (38.8%) disminuyó la degradabilidad ruminal, aspecto que ha sido asociado con su elevada concentración de taninos condensados, que permiten fuentes potenciales de nutrientes sobrepasantes (Flores *et al.*, 1998).

Se consideró follaje-tallos tiernos (diámetro <5 mm), según el conocimiento local de su uso forrajero, el contenido de PC de la *E. goldmanii* fue 22.8% y los niveles de FDN y FDA hallados fueron 43.1 y 28.8% respectivamente, estos resultados sugieren el potencialmente forrajeras y su uso en la ganadería como suplemento a través de su integración bajo diversas prácticas Silvopastoriles (Pinto *et al.*, 2004). La proteína en las hojas de *E. glauca* mostraron rangos de 18 a 31.7% y el contenido de energía bruta determinada usando una bomba calorimétrica adiabática fue 4.68 Mcal/kg MS (19.62 MJ/kg MS) (Roa & Muñoz, 2012; Régnier *et al.*, 2013).

Se evaluaron las hojas, los pecíolos y los tallos con diámetro inferior a dos cm de la *E. variegata*, en cuanto a la composición bromatológica en las edades de rebrote (60, 120 y 180 días) en periodo lluvioso y poco lluvioso para la MS, PC, Cenizas, Ca, P y Mg fue 21 y 27%, 22 y 19%, 19 y 16%, 3 y 2.3%, 0.01% en ambos casos, y 0.6 y 0.5% respectivamente, este comportamiento nos indica que la edad presentó marcado efecto en la composición bromatológica al disminuir la calidad, PC de 60 días fue 28.14% y a los 180 días 17.24%, en la medida que la madurez avanza (Verdecia *et al.*, 2014), en otro estudio se observó el mismo comportamiento con respecto a taninos totales (8.7 y 44.9 g/kg), fenoles totales (65.1 y 67.8 g/kg), alcaloides (4.6 y 4.8 g/kg) y saponinas (0.9 y 1.0 g/kg) (Verdecia *et al.*, 2020).

Las leguminosas forrajeras tropicales con mayor contenido de fibra (> 23.0%) provocaron mayor consumo de estos en cuyes, incrementaron la tasa de pasaje a través del tracto digestivo que traería como consecuencia la disminución de la absorción de nutrientes y por ende disminuiría la digestibilidad, también, la edad de rebrote provocaría el incremento de la pared celular y se limita el contenido celular que puede afectar el aprovechamiento del forraje (Sotelo *et al.*, 2016).

1.1.5 Fisiología digestiva del cuy

El intestino delgado del cuy representa el 55%, seguido del colon (37%), el ciego cerca al 6% que llega a tener un área de 100 cm² y por último el estómago con 2% con respecto al tracto gastrointestinal total (Merchant *et al.*, 2011), lo que explica la lentitud de la digestión, el vaciado del estómago comienza de 4 a 6 horas después de la alimentación y el tránsito gastrointestinal dura 13 a 30 horas esto predispone al cobayo a la cetosis, al meteorismo y a la estasis alimentaria, otra peculiaridad es que después del inicio de la ingestión el bolo alimentario comienza a llegar al ciego al cabo de 48 horas (Fuss, 2002).

El estómago unilocular (se asocia con el tipo de nutrición herbívora) del cuy se encuentra en la parte izquierda de la cavidad abdominal craneal y tiene una posición transversal a través de la cavidad abdominal y la superficie interna del estómago tiene un aspecto liso con presencia de pliegues longitudinales en la región pilórica (Stan, 2018b), la actividad proteolítica desde el nacimiento hasta las 3 semanas es similar y el pH del estómago esta de 3 a 5, esto nos indica, que el cuy nace en un estado avanzado de desarrollo y puede ser destetado a una dieta sólida a las pocas horas del parto, segrega pepsina exclusivamente (Henschel, 1973), el valor del pH en la porción anterior y posterior del estómago fue 4.5 y 4.1, a nivel del intestino delgado esta entre 7.6 a 8.1, en el colon 6.7 y en el ciego 7.0 (Kararli, 1995). La concentración de la pepsina fue mayor a 3000 unidades/g y las proteasas (mayor a 500 U/g) en el intestino delgado fueron decreciendo a lo largo del tracto, con la α -amilasa se observó el mismo comportamiento, y la actividad de la maltasa (mayor a 90 U/g) aumentan gradualmente a lo largo del tracto siendo superior en el íleon, mayor a 60 U/g (Yu *et al.*, 2000).

En el cuy, el ciego ocupa la mayor parte de la cavidad abdominal ventral, el ciego es grande, semicircular y de paredes delgadas, presenta tres bandas musculares a lo largo de su longitud, con disposición medial, lateral y ventral que conduce a la formación de numerosas haustras o saculaciones laterales que le da una apariencia saculada (Stan, 2018a), los niveles totales de ácidos grasos volátiles en el ciego, órgano principal de fermentación, del cuy, varían de 46 a 99 umoles/g de peso fresco, con una media de 76 umoles y los ácidos grasos que se encontraron en mayor cantidad fueron el acético, propiónico, butírico, valérico e isobutírico en concentraciones

similares a las que se encuentran en los rumiantes (Henning & Hird, 1970), en el ciego la celobiasa y endogluconasa tienen mayor actividad enzimática que la celobiohidrolasa, cuyes que recibieron una dieta con 18% de proteína y 10% de fibra, mostraron una concentración de ácidos grasos volátiles de 40.9 ± 6.5 $\mu\text{moles/g}$ y el ácido con mayor concentración fue el acético ($57.1 \pm 3.4\%$) seguido del propiónico ($24.3 \pm 3.2\%$) y butírico ($16.1 \pm 1.9\%$), esto indicaría que la secreción de enzimas depende del alimento consumido habitualmente (Yu *et al.*, 2000).

Mediante una cánula cecal permanente en cuyes machos adultos se investigaron algunos aspectos de la función cecal, con inyecciones de contraste y a través de rayos X observaron una mezcla rápida y completa dentro del ciego y el colon, por fuertes movimientos haustrales retrógrados continuos en la sección aboral del colon proximal hacia el ciego, esto indicaría que el contenido cecal se mezcla con los del colon proximal y ambos forman una cámara de fermentación común (compartimento cecal), este contenido representa aproximadamente el 6.7% del peso corporal, la tasa de flujo de salida fraccional de este compartimento fue 14% del volumen de fluido/hora y el tiempo medio de retención de líquido sería de aproximadamente 7 horas. El 85% de los ácidos grasos de cadena corta (acético: 43.7, propiónico: 10.5 y butírico: 15.4 mmol/L/h) producidos fueron absorbidos en el compartimento cecal, por lo tanto, los ácidos grasos producidos pueden contribuir significativamente a los requisitos energéticos del cuy (Sakaguchi *et al.*, 1985).

En otro estudio, estimaron el tiempo de retención en varios segmentos del tracto digestivo de cobayos, a los cuales se les colocó una cánula cecal permanente (diámetro interior de 4 mm) para adicionar un marcador líquido, se administró una dieta granulada *ad libitum*, el compartimento cecal en el cobayo fue el sitio principal de retención de digesta, 60% del tiempo de retención (9 horas aproximadamente) en el tracto gastrointestinal total, el segundo compartimento más pequeño fue el estómago donde no se realizaría algún tipo de mezcla (3 horas incluido el intestino delgado), este fenómeno en el tiempo de retención podría deberse a las condiciones de alimentación *ad libitum* con respecto a la restricción alimenticia -que prolongaría mayor retención de la digesta en el tracto gastrointestinal-, adicionalmente, utilizaron marcadores en partículas de un tamaño entre 0.08 a 0.2 mm que conllevo al 42.2% de la fracción total del contenido cecal (Sakaguchi *et al.*, 1986).

Se menciona que adicionar azúcares no digeribles y fermentables en la dieta de cuyes provocaría mayor utilización de N y estimularía el mecanismo de separación de bacterias, en cuyes se menciona la trampa de moco; en cuyes a los que se permitió la cecotrofia se observó valores más bajos de excreción de N en heces (0.42 ± 0.06 g/día) y orina (0.29 ± 0.11 g/día) y en cuyes que se les impidió la cecotrofia fue 0.52 ± 0.45 y 0.23 ± 0.07 g/día respectivamente, esto sugiere que la cantidad de urea en sangre es utilizada para la síntesis microbiana en el ciego y ayudaría a formar heces blandas ricas en N (Kawasaki *et al.*, 2013), en otro estudio, a nivel del contenido cecal se observó que azúcares solubles y azúcares no digeribles tuvieron efecto en el pH (7.13 ± 0.10 vs 6.85 ± 0.13), ácido acético (12.4 ± 2.7 vs 22.0 ± 7.5 $\mu\text{mol/g}$), ácido propiónico (3.04 ± 0.72 vs 5.16 ± 1.85 $\mu\text{mol/g}$) y ácido butírico (1.80 ± 1.24 vs 8.03 ± 4.99 $\mu\text{mol/g}$), también provocó un aumento significativo en el N bacteriano (0.18 ± 0.02 vs 0.22 ± 0.01 g), esto nos indica, que mejoran la capacidad de transportar la urea sanguínea al ciego, que aumentó como resultado del aumento en la proliferación bacteriana y las bacterias usaron para su síntesis de N (proteína bacteriana), también provocó agrandamiento del ciego, entonces, una cantidad de bacterias que se ha multiplicado en el ciego fluye continuamente con digesta de partículas sin separación de la digesta líquida, ya que la trampa del moco colónico favorece la fijación de bacterias en el ciego (Kawasaki *et al.*, 2015).

En la diversidad microbiana de muestras fecales de cobayos, en medios de cultivos como celulosa, hierba seca (alimentación comercial), glucosa, almidón soluble, residuos de almidón, xilano y xilosa como fuentes de carbono, se observaron Firmicutes como los más abundantes en el enriquecimiento de hierba seca con un 67%, los Bacteroidetes fueron los más abundantes en los residuos de almidón y los enriquecimientos con xilosa (61 y 64%, respectivamente), se detectó el género *Prevotella* en todos los enriquecimientos, estas bacterias pueden desempeñar un papel importante en la degradación de la fibra en el intestino y producir acetato, otra es la *Blautia producta* (antes *Ruminococcus productus*) que fueron abundantes en el enriquecimiento de hierba seca (11%), residuos de almidón (14%) y xilosa (5%) que produce acetato como producto de la fermentación, la *Bacteroides xylanisolvens* en los enriquecimientos de hierba seca, xilosa y residuos de almidón y tienen abundancias relativas de 6, 5 y 3%, respectivamente, que degrada el xilano y la xilosa principalmente a acetato, propionato y succinato y se encontró una nueva cepa Cavy

grass 6, bacteria anaerobia facultativa de rápido crecimiento que convierte la celobiosa principalmente en lactato (Palakawong *et al.*, 2019).

La gluconeogénesis es estimulada por el glucagón a partir del lactato por un mecanismo dual, un aumento en la absorción de sustrato y una redirección del destino del sustrato, este último puede ser el más importante (Cook, 1977), aunque el cuy es un animal herbívoro capaz de adaptarse a la inanición, en la hipoglucemia grave después de 48 h de inanición tiene la mayor capacidad para incorporar piruvato a la glucosa, probablemente por la actividad máxima de la fosfoenolpiruvato carboxicinasa y por el grado de inhibición de la piruvato quinasa (Söling *et al.*, 1970).

1.1.6 Requerimiento nutricional del cuy

El requerimiento de proteína y energía digestible con valores de 18% y 3000 Kcal de ED/Kg respectivamente, además de 10% en fibra, es recomendable para la etapa de crecimiento de cuyes (NRC, 1995), el uso de harinas de forrajes de morera, glicinia y leucaena en la dieta, con niveles de 18% de proteína, 2.5 de EM/kg y fibra entre 12.0 a 13.3% en alimentos concentrados para cuyes en crecimiento-engorde por 56 días, no modificaron el comportamiento productivo como en la ganancia media diaria que fue 11.7 a 12.2 g (Apraez *et al.*, 2008).

Alimentos balanceados peletizados formulados al mínimo costo para cuyes que contenían 2.8 Mcal/kg de ED, 19% de proteína y de 7 a 8% de fibra cruda (Camino & Hidalgo, 2014) y con 2.9 Mcal/kg de ED, 19% de proteína y 10% de fibra cruda (Huamaní *et al.*, 2016) tuvieron un mayor peso vivo final, ganancia de peso (14.5 vs 12.0 g/animal/día), conversión alimenticia (3.3 vs 3.7) y rendimiento de carcasa (> 73%), además de mayor consumo de alimento.

Se evaluaron tres niveles de ED (2.7, 2.9 y 3.0 Mcal/kg) con 16 a 18%, 19 a 20% y 19% de proteína respectivamente, sobre el rendimiento productivo de cuyes de genotipo mejorado durante la fase de crecimiento posdestete que duró 49 días, donde se encontró un efecto favorable sobre la ganancia de peso (15.5 g/animal/día), consumo de alimento, conversión alimenticia (3.3) y rendimiento de carcasa (71%) con dietas de 20% de proteína, 2.9 Mcal de ED/kg de alimento y 8.6% de fibra cruda (Airahuacho & Vergara, 2017).

Se evaluó el rendimiento y digestibilidad en cuyes abisinios (tipo II) alimentados con dos dietas que contenían las siguientes cantidades de proteína cruda, fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA), la dieta 1: 14.09, 40.79 y 17.57 g/100 g MS y la dieta 2: 19.39, 36.00 y 14.77 g/100 g MS respectivamente, se proporcionó agua y alimento ad libitum dos veces al día durante 30 días, se observó que la ganancia diaria promedio (3.30 vs 3.54 g/día), conversión alimenticia (8.64 vs 8.51 g/g), digestibilidad de la materia seca (71.59 vs 69.55%) y digestibilidad de la FDN (28.40 vs 28.53%) fueron similares entre los alimentos especialmente formulados para cuyes (Trejo *et al.*, 2019).

En otro estudio, se formuló dietas en condiciones isonitrogenadas (PC: 17.7 a 18.0%), con diferentes proporciones de FDN, que fueron: 1) 40F: 40% FDN, 2) 35F: 35% FDN, 3) 30F: 30% FDN, 4) 25F: 25% FDN y 5) 20F: 20% FDN, para cuyes machos cruzados ecotipo Cajamarca x Perú, que consumieron el nuevo alimento, tipo harina, ofrecido dos veces al día por 49 días; se observó que en los tratamientos 30F y 25F tuvieron mayor peso vivo final (984.1 vs 981.3 g), mejor ganancia media diaria (10.83 vs 10.73 g/animal/día) e ICA (4.87 vs 4.77) ($p < 0.05$) y los tratamientos 25F (71.70%) y 20F (74.10%) mostraron mayor rendimiento de carcasa, este indicador mejora a medida que la dieta contiene menos FDN, cabe indicar que la ingestión de alimento (45.49 g de MS/cuy) fue inferior en el tratamiento con menor contenido de FDN (20F) con respecto al resto que estuvieron entre 51.11 a 52.80 g de MS/cuy (Paredes & Goicochea, 2021).

Se evaluó el efecto de tres dietas experimentales que consistieron en tres combinaciones (25, 50 y 75%) de cuatro fuentes de fibra: heno de alfalfa, pulpa de remolacha, heno de avena y cubos de heno de alfalfa, en la ingesta de la materia seca, peso corporal y la digestibilidad, que fueron incluidas en la dieta peletizada para 60 cuyes machos Hartley en crecimiento, después de 5 días de la prueba de digestión, se observó que la ingesta de MS aumentó en respuesta a los aumentos en la proporción de cada fuente de fibra en la dieta, el peso corporal tendió a ser mayor en todos los grupos con 50% de la dieta, que estuvo entre 23 a 27% de FDN, además, con la harina de alfalfa y cubos de heno, el consumo de alimento y la ganancia de peso corporal fueron mayores con 75% de la dieta (32% de FDN). La digestibilidad de la materia seca disminuyó de 81, 74 y 68% y la proteína en 77, 72 y 68% por incremento de la proporción de fibra en la dieta y la digestibilidad de la FND en la alfalfa (42.9%),

cubo de heno (42.6%) y heno de avena (41.6%) fueron similares, así como en todos los niveles de fibra en la dieta que estuvieron entre 41.1 a 42.8%, este comportamiento indicaría que los cuyes parecen preferir cantidades relativamente grandes de fibra en su dieta (Sakaguchi *et al.*, 1997).

También dietas con dos niveles de energía digestible (2.7 y 2.9 Mcal de ED/kg), proteína (17 y 19%) y dos sistemas de alimentación (con o sin la inclusión de forraje verde) para cuyes hembras reproductoras, no afectaron el tamaño de camada al nacimiento y al destete y el menor costo por cría destetada se obtuvo bajo el sistema de alimentación con inclusión de forraje (S/5.00 vs. S/5.60), así como en el menor nivel de energía (S/4.65 vs. S/5.85) (Sarria *et al.*, 2019).

Los cuyes son más tolerantes al calor y se recomienda una temperatura de 18 a 26°C, además que requieren una fuente constante de agua que debe cambiarse a diario, beben 6 ml/g de dieta (concentrado) y cuando se les ofrece heno y pasto, beben 2-3 ml/g de dieta (Donnelly & Brown, 2004), entonces, con temperaturas que oscilan entre 18 y 25°C proporcionan el mejor ambiente para los cuyes (Ngoula *et al.*, 2017).

1.1.7 Ganancia de peso vivo del cuy

El tamaño de camada (TC) con 3 animales correspondiente al tercer parto (NP3) presentaron el mayor peso con 313.6 ± 10.1 g y los animales de TC6 y NP3 mostraron el menor peso al destete (188.7 ± 36.4 g), para el peso a los 90 días (P90) los animales de TC5 y NP3 mostraron la mayor media de peso (905.2 ± 30.6 g) en la producción de cuyes, la madurez a los 120 días es una importante variable, dada su relación con parámetros de crecimiento, también permitió establecer que los individuos nacidos en TC3, TC4 y TC5 presentaron mayor madurez a medida que incrementa el orden de parto y son más eficientes durante su vida productiva (Burgos *et al.*, 2010), también el aumento de peso corporal desde el nacimiento hasta los 124 días se vio significativamente influenciado por el tamaño de la camada, los animales de camadas grandes crecieron más lentamente y el sexo de los gazapos es un factor de influencia (Schöpfer *et al.*, 2012) esto nos indica que los machos tienen mayor peso vivo final, consumo de alimento, ganancia diaria y conversión alimenticia con respecto a las hembras (Mustafa *et al.*, 2019).

Se evaluó dos sistemas de alojamiento, corrales de piso y jaulas de alambre, los cuyes fueron alimentados ad libitum con una dieta comercial estándar en pellets (2.38 Mcal de ED/kg, 17% de proteína cruda, 11% de fibra cruda y 4.5% de grasa cruda), suplementada con alfalfa fresca (*Medicago sativa*) como forraje, no afectaron la ganancia de peso vivo diario (10.6 vs 11.1 g/animal/día), consumo de alimento en pellet (33.5 vs 35.2 g/día), peso vivo al beneficio (941.6 vs 932.1 g), rendimiento en canal (72.4 vs 73.0%) y conversión alimenticia (3.8 vs 3.6) de los cuyes en engorde por 49 días, además en las jaulas de alambre el agua, la orina y las heces atraviesan el piso de alambre mejorando así la higiene general del sistema de producción (Mínguez *et al.*, 2019).

1.1.8 Retribución económica en la producción de cuyes

El sistema familiar fue uno de los primeros sistemas de producción de cuyes, caracterizado por cuyes criollos que se comercializaban a los 6 meses, en promedio llegaban a 966 g peso vivo, ya que la alimentación era a base de forrajes, malezas, residuos de cocina y de cosecha (Aguilar *et al.*, 2011), hoy en día, se realiza el sistema familiar-comercial y comercial que han incrementado la producción de cuyes por utilizar cuyes mejorados y de preferencia la raza Perú, que reciben alimentación mixta o integral, en cuyes de 30 a 72 días de crianza alcanzaron pesos mayores a 1070 g (Paredes & Cerquín, 2021).

Resico (2010), menciona que *“la actividad de la producción es muy relevante desde el punto de vista económico, puesto que de ella derivan los bienes y servicios, que luego de su distribución son aplicados a la satisfacción de las necesidades y deseos de las personas a través del consumo. La producción está íntimamente relacionada con el trabajo, con la organización del proceso productivo y con la inventiva e innovación técnica”*.

Dentro de las actividades pecuarias podemos realizar la producción parcial, donde se desarrolla etapas como el crecimiento y engorde de cuyes u otro proceso productivo, para generar ingresos económicos y lograr una microempresa familiar.

Para optimizar el sistema productivo de una empresa agropecuaria moderna, se considera los costos, calidad y flexibilidad que inciden a su vez en la rentabilidad económica, su capacidad competitiva y la capacidad de adaptación ante cambios del

entorno, cabe indicar, que la rentabilidad, es la relación entre la utilidad obtenida y el monto de inversión necesaria para generar esa utilidad (Cerdea *et al.*, 2003).

La retribución económica de una empresa agropecuaria es percibir una ganancia por producir un bien, animal vivo o en carcasa, a partir de evaluar procesos productivos alternativos en la producción de cuyes. Es un indicador que se expresa en términos relativos (%), que nos ayuda a evaluar el potencial productivo de un grupo de animales, donde se incluye costos de alimentación bajo condiciones específicas o locales, el peso vivo o rendimiento de carcasa o característica productiva, comparado con respecto al grupo de referencia (testigo o control).

Para evaluar el reemplazo de maíz por cebada grano en el alimento balanceado en dietas peletizadas y con exclusión de forraje verde, se utilizaron 48 cuyes machos destetados, de 14 ± 3 días de edad, mejorados tipo 1, que recibieron tres tratamientos, TI: Alimento balanceado con 0% de cebada y 18% de maíz, TII: Alimento balanceado con 20% de cebada y 3,6% de maíz y TIII: Alimento balanceado con 40% de cebada y 0% de maíz. Las dietas experimentales isoenergéticas (ED: 2.9 Mcal/kg) e isoprotéicas (18%) después de 7 semanas, no afectaron los parámetros de ganancia de peso (12.7, 12.6 y 13.2 g/animal/día), consumo de alimento (50.1, 50.5 y 52.2 g) y rendimiento de carcasa (70.1, 70.5 y 69.8%), pero la inclusión del 40% de cebada grano, reemplazó satisfactoriamente al maíz y generó igual retribución económica relativa (100%) que el TI (Vidaurre *et al.*, 2020).

Se evaluó el efecto del tamaño del lote en 10, 30 y 50 cuyes machos destetados del tipo I (14 ± 3 días) criados en poza en un área libre de 0.0781 m² por animal, sobre la retribución económica, se utilizó alimentación mixta: alimento balanceado (peletizado) que fue suministrado *Ad libitum* y rastrojo de brócoli de manera restringida (20% del peso vivo) como forraje verde, hasta los 71 días de edad. La retribución económica se determinó por diferencia entre el valor (S/. 20.00 vs 25.00) de unidad de carcasa o kilogramo de carne (0.7449, 0.6962 y 0.7015 kg) y el costo de la alimentación (S/. 3.22, 3.18 y 3.22). La retribución económica por unidad de carcasa fue semejante entre los diversos tamaños de lote (S/. 16.78, 16.82 y 16.78) y en la evaluación por kilogramo de carne se obtuvo el mayor beneficio económico con el lote de 10 animales (S/. 15.41), con respecto al lote de 20 y 30 animales (S/. 14.23 y 14.32) (Roter *et al.*, 2018).

La mayor rentabilidad expresada por el mayor índice beneficio-costo para machos de recría se alcanzó en las pozas con 0.16 m²/cuy y la respuesta de las variables integradas (ganancia de peso, consumo de alfalfa e índice de conversión alimenticia) en el índice beneficio-costo alcanzó su mayor valor al emplear 0.24 m²/cuy macho en las pozas de engorde (Cáceres *et al.*, 2004).

1.2 Antecedentes

El follaje de *Erythrina americana* se puede usar como forraje suplementario para el ganado en la estación crítica del trópico seco por su contenido de materia seca (27.1 y 24.1%), proteína cruda (23.2 y 22.6%), fibra detergente neutro (FDN: 52.4 y 58.1%) y fibra detergente ácido (FDA: 28.1 y 34.3%) en época seca y lluvia que exceden los valores de muchos pastos tropicales comunes cultivados (Ascencio *et al.*, 2019).

Se evaluó la palatabilidad de la *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala*, la composición química de los forrajes muestra que la proteína por encima de 25% tendría efectos beneficiosos, la FDN con valores de 22.0 a 47.0% tiende a una correlación con el consumo de alimento (cerca de 56.9 g MS/día), lo que sugiere la importancia de fibras menos estructuradas como la hemicelulosa, además, se requieren altos niveles de fibra dietética (FC: 29 a 35%) para la fisiología digestiva de los cuyes. Durante el experimento, encontraron que la ganancia de peso fue de hasta 50 g con una ganancia diaria promedio cercano a los 7 g/día, esto nos demuestra que los forrajes tienen un buen perfil de nutrientes que puede garantizar un mejor desempeño productivo en cuyes (Kampemba *et al.*, 2017).

El valor nutritivo de harinas de follaje de moringa (*Moringa oleífera*), morera (*Morus alba*), trichanthera (*Trichanthera gigantea*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) recolectadas durante octubre de 2012 en las áreas experimentales del Instituto de Ciencia Animal en San José de las Lajas, Cuba; todo el material recolectado se secó durante 72 h en estufa de aire forzado con temperatura regulada (60° C), posteriormente se molió en molino de martillo, a tamaño de partícula de 1 mm, se recogieron fundamentalmente hojas y tallos jóvenes de plantas tomadas al azar, la proteína bruta fue superior a 20% en todos los tratamientos y la fibra detergente neutra varió entre 30 y 50%; la leucaena mostró mayor potencial como suplemento de proteína (Rodríguez *et al.*, 2014).

El efecto de diferentes métodos de procesamiento para la obtención de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* como ingrediente en la alimentación de conejos, uno de ellos fue a través del secado por aire frío y la composición nutricional con respecto a la proteína cruda fue 29.0%, fibra cruda 13.7%, extracto etéreo 5.6%, cenizas 9.1% y 3.36 Mcal/kg de energía bruta, se demostró que la *Leucaena leucocephala* se puede usar en dietas para reemplazar o en combinación con ingredientes de alimentos convencionales de fuente de proteínas (Adekojo *et al.*, 2014).

Se evaluó la composición química de la harina de hojas de moringa secada a la sombra (como base alimenticia) en el perfil hematológico y bioquímico sérico de pollos de engorde, la composición proximal fue 93.6% de materia seca, 22.6% proteína cruda, 10.1% fibra cruda, 3.4% extracto etéreo y 7.9% de ceniza, se concluye que la inclusión de harina de moringa hasta un 10% no provocaría algún desorden en el crecimiento de pollos (Tijani *et al.*, 2016).

Las especies del género *Erythrina* se encuentran en varios países incluido el Perú, se demostró que la PC ($26.1 \pm 1.5\%$) en la *Erythrina* sp (pisonay) con 4 meses de edad rebrote fue mayor con respecto a los 12 meses ($20.1 \pm 0.8\%$) y la FDN (57.7 ± 1.20 y $58.6 \pm 1.25\%$) fue similar en ambas edades (Choque *et al.*, 2018).

Las hojas y peciolas del forraje de pisonay (*Erythrina* sp) fueron cosechados a los 12 meses de edad de rebrote donde la PC alcanzo niveles de 23%, FDN 59.6 y energía digestible 2.6 Mcal/kg MS y la inclusión de pisonay (*Erythrina* sp) en 25, 50, 75 y 100% como forraje fresco en la alimentación de 32 cuyes machos de 3 meses de edad, produjeron variaciones en el peso corporal (6, 8, 5 y -2 g/animal/día) y rendimiento de la canal (64 a 53%) (Cárdenas *et al.*, 2018).

Se utilizó el follaje de leucaena (*Leucaena leucocephala*), naranjillo (*Trichanthera gigantea*) y morera (*Morus alba*) cosechados después de 45 días de corte, para evaluar la digestibilidad en conejos Nueva Zelanda x California de 45 días de edad, que fueron alimentados con dietas que contenían el 30% de follaje de leucaena, naranjillo y morera, la digestibilidad de la MS fue 57.68, 55.87 y 61.09%; la PC 67.75, 68.64 y 72.22%; la FDN 31.07, 35.48 y 45.64% y la energía digestible fue 2092, 1860 y 2378 kcal/kg de dieta respectivamente, estos valores nos sugieren el potencial nutritivo y ser ingredientes utilizables para la formulación de dietas para conejos (Nieves *et al.*, 2008).

Los coeficientes de digestibilidad de la *Erythrina poeppigiana* con una edad de 6 meses, en cuyes para la MS, PC, EE, CZS, FC y ELN fue 24.09, 41.52, 8.87, 25.61, 18.22 y 16.77% y la energía digestible (ED) fue 1.04 kcal/g respectivamente (Sotelo *et al.*, 2016).

Para evaluar la digestibilidad de la alfalfa en dos tiempos de corte de 30 y 45 días, se utilizaron cuyes machos de tres meses de edad, se observó que el coeficiente de digestibilidad de la MS (54.2 vs 46.7%), PC (62.8 vs 55.5%), EE (44.4 vs 16.3%) y ELN (67.7 vs 54.0%) fue mayor a los 30 días, esto nos sugiere que la alfalfa a menor edad de corte, con respecto a la calidad proteica, se convierte en un indicador de la calidad nutricional del alimento (López *et al.*, 2018).

El engorde de cuyes criollos con hojas de *Erythrina poeppigiana* en proporción del 50% de la proteína, lograron consumir mayor cantidad de materia seca pero disminuyó su conversión alimenticia con respecto a concentrados ricos en granos (Solarte, 1989).

El uso de alimentos alternativos no convencionales con porcentaje de proteína cruda superior al 20% logran mejor desempeño en ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de la canal en cuyes (Macancela *et al.*, 2019).

Se evaluó la harina de chachafruto (*Erythrina edulis*) en sustitución de alimento concentrado comercial en 600 alevines de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y el contenido de MS, PC, FDN y FDA fue 90.3, 24.2, 39.5 y 47.6% respectivamente, sin lograr efectos significativos (Hernández *et al.*, 2011).

En contraste, con la MS (84.6%), PC (19.7%), ED (2.7 Mcal/kg MS) y el coeficiente de digestibilidad de PC (82.1%) hallados en la harina de forraje de caraca (*Erythrina poeppigiana*) de 60 días de rebrote que denotan un interesante potencial de uso en dietas para cuyes (Sánchez *et al.*, 2012; Meza *et al.*, 2012), con la adición de 1 y 2% de harina de pajuro (*Erythrina edulis*) en el concentrado para cuyes de 21 días de edad, que recibieron dietas isoprotéicas (PC: 20%) e isoenergéticas (ED: 3.15 Mcal/kg MS), se logró mejorar la conversión alimenticia y rendimiento de carcasa (Guevara *et al.*, 2013).

El comportamiento productivo de cuyes después de 56 días, con la inclusión del 20% de harina de caraca (*Erythrina poeppigiana*) de 60 días de edad de rebrote,

deshidratadas al sol, en el concentrado de acuerdo a la etapa de engorde (PC: 14 a 16%) llegó a 7.6 g/animal/día de ganancia de peso y produjo un mayor consumo de alimento, pero a la vez un menor rendimiento de carcasa (68.79%), que llevó a una retribución económica de 11.31% (Meza *et al.*, 2014b).

Con la inclusión de 7, 14, 21 y 28% de harina de hoja y peciolos de *Erythrina*, arbustos de 2.5 meses de edad de corte, como fuente de proteína y consumo *ad libitum* por 63 días, se observó que al incrementar el nivel de harina de hojas de *Erythrina* en la ración concentrada resultó en una gradual disminución de la ganancia diaria de peso en 12.2, 12.0, 11.9 y 11.2 g/animal/día respectivamente (Paredes *et al.*, 2017).

La biomasa cosechada de arbustivas en arreglos Silvopastoriles, cuyo contenido nutricional se asemeja a la alfalfa, pueden ser incorporadas a las dietas de cuyes, cubrir los requerimientos nutritivos y reducir la dependencia de los concentrados (Apráez *et al.*, 2013).

El consumo de *Erythrina poeppigiana* (caraca) por cuyes mejorados de 21 días de edad, después de 56 días de alimentación lograron una ganancia de peso (6.8 g/animal/día), rendimiento a la canal (72.4%) y fue más eficiente en conversión alimenticia (7.6) con respecto a la *Pueraria phaseoloides* (Sánchez *et al.*, 2012).

El follaje fresco de especies arbustivas en 30% en la dieta, cosechadas a 60 días de edad de rebrote, como suplemento alimenticio en cuyes mestizos de 30 días de edad, no afectaron el comportamiento productivo, la ganancia media diaria de los cobayos fue 6.4 a 6.6 g/animal/día, en comparación a cuyes alimentados con concentrado comercial a voluntad más King grass CT-115 que fue 6.8 g/día (Reyes *et al.*, 2018).

La arbustiva tropical *Erythrina poeppigiana* se utiliza con mayor frecuencia en el engorde de cuyes de 30 días de edad por un periodo de 56 días, la inclusión en dietas como forraje fresco *ad libitum* sobre el consumo de alimento (33 g MS animal/día), ganancia de peso (8 g/animal/día) y la conversión alimenticia (4.25) fue más eficiente que las gramíneas (6.7) (Meza *et al.*, 2014a), este mismo forraje sometido a un periodo de marchites (24 horas) más suplemento alimenticio a base de balanceado comercial (pellet) 15 g animal/día incrementaron la ganancia de peso (438 ± 32 g), el rendimiento a la canal (68.7%) y el índice de conversión alimenticia (3.6) (Sánchez *et al.*, 2017).



El rendimiento a la canal (66%) de cuyes alimentados con *Erythrina poeppigiana ad libitum* más 15 g de balanceado por 56 días, tiene directa relación entre el consumo de alimento (37 g/animal/día), ganancia de peso (8.3 g/animal/día) y conversión alimenticia (6.2), también en el beneficio/costo (1.32% ~ 105.6%), lo cual demuestra que es una buena alternativa para la crianza de cuyes (Meza *et al.*, 2018).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

Los sistemas basados en mezclas de forraje arbóreo contribuirán a incrementar la eficiencia en el manejo y uso de los recursos naturales para aprovechar al máximo su diversidad natural (Njidda *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2014). La producción pecuaria en clima templado se ve afectada, entre otros factores, por la baja calidad nutritiva de los pastos, en especial de gramíneas, debido a las altas temperaturas y la alta radiación que las hace madurar y lignificarse muy rápido; adicional a esto, las condiciones edafoclimáticas restringen el cultivo de variedades con mejor perfil nutricional (Apréaz *et al.*, 2013). A medida que aumenta la edad de rebrote, ya sea en una u otra época, la calidad del pasto disminuye, se observó que disminuye la proteína y aumenta la fibra (Ramírez *et al.*, 2003; Sánchez & Faria, 2008). Los resultados indican que a medida que la planta maduraba se incrementó el contenido de materia seca (8.7 a 13.3%) y grasa (de 2.9 a 4.8%), sin embargo, los contenidos de proteína cruda y cenizas disminuyeron significativamente de 28.3 a 20.6%, de 8.8 a 7.4% respectivamente, debido en gran parte por efecto de la conversión de productos fotosintéticos a componentes estructurales, que provocan la disminución de proteínas y carbohidratos solubles (Araque *et al.*, 2006).

El uso de especies forrajeras arbustivas y arbóreas como forraje fresco o harinas en la alimentación animal pueden producir toxicidad, como la harina de *Moringa oleífera* con un nivel de inclusión por encima del 25% puede tener un efecto perjudicial en la hematología de los conejos (Ghomsi *et al.*, 2017), la concentración de taninos y alcaloides en el pisonay (*Erythrina* sp) utilizada como forraje fresco a partir de 50% en la dieta de cuyes provocó el incremento en las concentraciones séricas de aminotransferasas, mayor presencia de patologías hepáticas y una disminución de la relación hígado/peso vivo con respecto a cuyes que recibieron alfalfa (Ramírez *et al.*, 2019),

La ganadería en la sierra del Perú presenta una serie de limitantes forrajeras para la alimentación y nutrición de los animales, en especial en época seca, por lo que se debe buscar nuevas especies forrajeras, con adecuado nivel energético, que permitan solucionar esta situación (Choque *et al.*, 2018).

2.2 Enunciados del problema

¿El uso de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote será adecuado como alimento alternativo en cuyes (*Cavia porcellus*)?

2.3 Justificación

En la región de Apurímac se tiene el 7.97% de la población nacional de cuyes que se crían en sistemas de crianza familiar y familiar comercial (INEI, 2012), 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 (Witkowska *et al.*, 2017), otra es alimentar con forrajes y restos de vegetales de la agricultura y también proveniente de los mercados, y trae como opinión común, que al contrastar la carne entre animales, la carne de cuy es succulenta y de poca grasa, además, de producir proteína animal, a un costo comparativamente bajo, a base de piensos, forrajes y residuos vegetales (Sánchez *et al.*, 2018), como la utilización del forraje fresco y procesadas (harina) de las hojas provenientes de la *Erythrina poeppigiana* (Meza *et al.*, 2018) y *Erythrina edulis* (Cárdenas *et al.*, 2021) en la alimentación de cuyes.

Las especies del género *Erythrina* se utilizan como cercas vivas, madera, alimento medicinal, sombra y fertilizante para café y alimentación animal (Schleier *et al.*, 2016; Bohada *et al.*, 2017), también se menciona que ayuda en la conservación del suelo y el agua, tienen la capacidad de fijar N₂ que acelera su crecimiento e incrementa la producción de hojas (Negash, 2002), la frecuencia de cortes tiende a incrementar la producción de forraje como ocurrió en un banco de proteína de *Erythrina berteriana* con un período de descanso de tres meses llegó a producir 4.7 t de MS/ha (Ibrahim *et al.*, 2000) y la *Erythrina peruviana* con tres frecuencias de corte incrementó el rendimiento de biomasa fresca de 4.3 a 6.8 t/ha por año (Valarezo & Ochoa, 2013).

Se ha demostrado que las especies del género *Erythrina* presentan alcaloides, flavonoides, esteroides, saponinas, taninos y compuestos fenólicos en las hojas (Sakat & Juvekar, 2010; Verdecia *et al.*, 2020), la elaboración de harinas provenientes de las especies

forrajeras arbustivas y arbóreas son una alternativa para ser incluidas en la alimentación animal, pueden ayudar a contrarrestar o corregir los efectos negativos de los factores antinutricionales (compuestos secundarios) y aprovechar mejor sus efectos positivos (Savón *et al.*, 2005), procesos previos a la obtención de harina de hojas como el secado al aire a temperatura ambiente pueden disminuir los factores antinutricionales y sus efectos (Adekojo *et al.*, 2014), además, como suplemento ha demostrado sus bondades nutritivas y productivas en la alimentación de cuyes (Guevara *et al.*, 2013; Meza *et al.*, 2014b).

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Evaluar el valor nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) en cuyes (*Cavia porcellus*) de tres edades de rebrote (4, 8 y 12 meses).

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición química de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*).
- Determinar la digestibilidad aparente y la energía digestible de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*).
- Medir la respuesta animal, mediante la ganancia de peso vivo en cuyes, con tres niveles de inclusión (10, 20 y 30%) en la dieta de tres edades de rebrote.
- Estimar la retribución económica de las dietas con la inclusión de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- El valor nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote es adecuado como alimento alternativo en cuyes (*Cavia porcellus*)

2.5.3 Hipótesis específicas

- La composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) se incrementa por efecto de la edad de rebrote.
- La digestibilidad aparente y digestible de la harina disminuye al incrementarse la edad de rebrote del pisonay (*Erythrina edulis*).



- La inclusión de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote incrementa la ganancia de peso vivo en cuyes (*Cavia porcellus*).
- La inclusión de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote tiene mejor retribución económica.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El trabajo experimental se realizó en un galpón de cuyes ubicada en el sector de Moccospampa a una altitud de 2880 m en el distrito de Tamburco, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Perú.

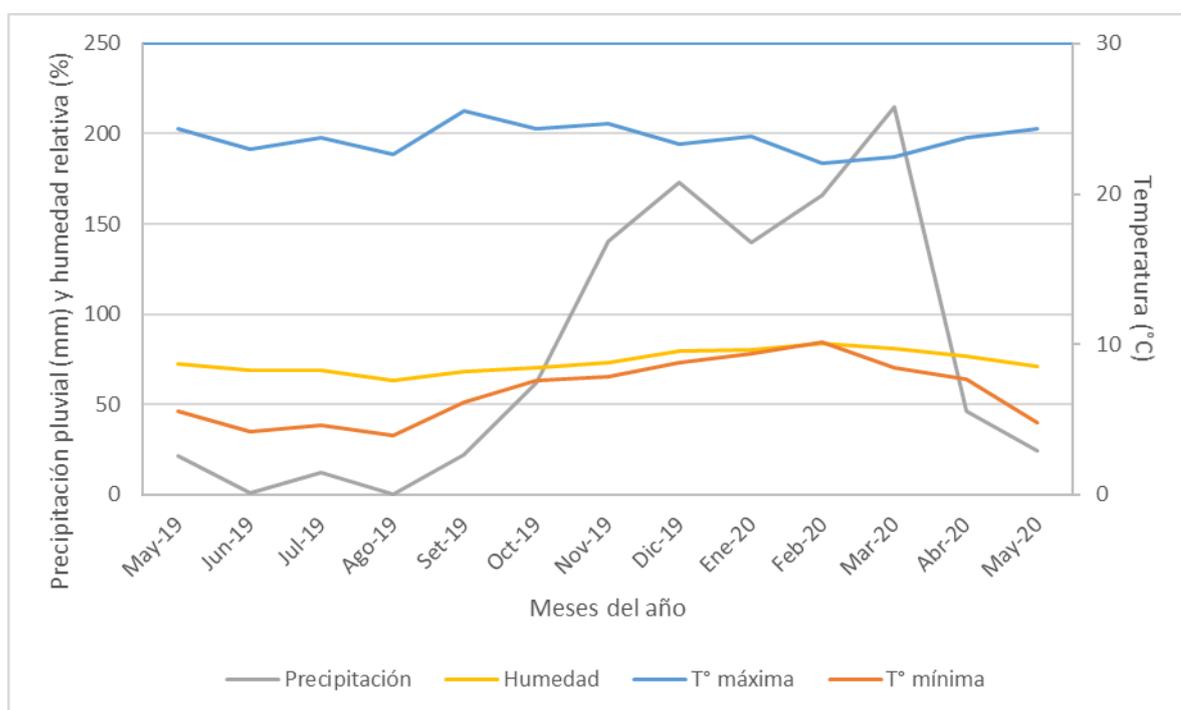


Figura 4. Datos meteorológicos adaptados según SENAMHI

3.2 Población

La población de cuyes estuvo conformada por cuyes machos mejorados destetados de 15 días de edad aproximadamente con pesos vivos uniformes provenientes de un solo galpón o granja de cuyes ubicado en el distrito de Curahuasi, provincia de Abancay.

3.3 Muestra

El número de cuyes para el estudio se determinó por muestreo no probabilístico por conveniencia, que corresponde a 120 cuyes, para cada tratamiento 12 cuyes distribuidos en 3 repeticiones cada uno con 4 cuyes.

Además, la cantidad de cuyes en la determinación de la digestibilidad aparente fue 3 cuyes para cada edad de rebrote.

Tabla 2

Distribución de tratamientos y repeticiones de los cuyes

Unidades Experimentales	Dieta control	4 meses de rebrote			8 meses de rebrote			12 mese de rebrote		
		10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%
Repeticón 1 (cuyes)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Repeticón 2 (cuyes)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Repeticón 3 (cuyes)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

3.4 Método de investigación

Para la elaboración de harina se utilizó el follaje tanto hojas y peciolas de árboles de pisonay (*Erythrina edulis*), se podó los árboles normalmente utilizados y cosechados para la alimentación de los animales de 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote, se sometió al secado natural bajo sombra, después se procedió a moler el forraje seco a través de un molino de martillo (Maquitaxi, picadora y molino de chala) con criba de 2-3 mm.

En la harina de pisonay de cada edad de rebrote se realizó el análisis químico proximal por quintuplicado, en la harina de maíz por triplicado y en las heces por duplicado, valores que también fueron utilizados para determinar la digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de pisonay.

La digestibilidad aparente de los nutrientes se realizó en jaulas individuales, con un área de 0.16 m² por cuy, donde recibieron una mezcla alimenticia (mezcla de harina de pisonay -*Erythrina edulis*- de tres edades de rebrote y harina de maíz en proporciones adecuadas, donde se consideró 18% de proteína), la mezcla alimenticia fue suministrado una vez al

día y a la misma hora (08:30 am) y se suministró diariamente agua limpia y fresca *ad libitum*.

Se prepararon diez tipos de dietas experimentales (Tabla 3), en la formulación se consideró los requerimientos nutricionales en condiciones isoprotéicas (17-18%) e isoenergéticas (3.0 Mcal de Energía Digestible/kg de MS). Los cuyes se criaron en jaulas tipo aéreo, sus medidas fueron de 0.9 m de largo, 0.9 de ancho y 0.40 m de altura, que brindaron el confort a los animales, donde recibieron el alimento integral por 56 días en comederos tipo tolva y bebederos tipo campana para un consumo de agua fresca *ad libitum*.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Variables

Independientes

X1 = Edad de rebrote (4, 8 y 12 meses) del pisonay (*Erythrina edulis*)

X2 = Inclusión del 10, 20 y 30% de harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

Dependientes

Y1 = Coeficiente de digestibilidad y energía digestible por cada edad de rebrote

Y2 = Ganancia de peso vivo y retribución económica de las dietas propuestas

3.5.2 Determinación de la composición química de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

Después del secado de las muestras (hojas y peciolos) y la molienda a 2 mm de tamaño de partícula, se determinó la composición química del pisonay (*Erythrina edulis*) mediante los métodos oficiales de la AOAC (2012), por quintuplicado en cada edad de rebrote (Tablas 14, 15 y 16), por triplicado en la harina de maíz (Tabla 17) y por duplicado en las heces por cada cuy según edad de rebrote (Tablas 22, 23 y 24).

Los componentes que se determinaron fueron: Extracto etéreo, por extracción a reflujo con solvente; fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, por extracción a reflujo con solución detergente (Van Soest *et al.*, 1991); proteína cruda o total, por el método Kjeldahl; cenizas totales, por incineración a 600°C; y los carbohidratos no fibrosos (glúcidos no fibrosos), por diferencia aritmética de la materia seca y los cuatro componentes determinados (Mertens, 1997):

$$\text{CNF} = 100 - (\text{EE} + \text{FDN} + \text{PC} + \text{CT})$$

Donde:

CNF: Carbohidratos no fibrosos (glúcidos no fibrosos)

EE: Extracto etéreo

FDN: Fibra detergente neutro

PC: Proteína cruda (proteína total)

CT: Cenizas totales

Adicionalmente, se calculó la composición nutricional de la mezcla alimenticia, compuesta por harina de pisonay y harina de maíz (Tabla 18), valores que fueron considerados para determinar la energía digestible.

Además, se estimó la energía bruta de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de cada edad de rebrote (Tablas 15, 16 y 17) y de las heces (Tablas 22, 23 y 24), mediante el método indirecto a partir de su composición química, a través de la ecuación propuesta de Nehring & Haenlein (1973):

$$\text{EB, kcal/kg MS} = 9.50 \text{ EE} + 4.79 \text{ FC} + 5.72 \text{ PC} + 4.03 \text{ ELN}$$

Donde:

EB: Energía bruta (energía total)

EE: Extracto etéreo

FC: Fibra cruda

PC: Proteína cruda (proteína total)

ELN: Extracto libre de nitrógeno

También, se determinó la energía total, en base a la fórmula anterior, con respecto a la FC se consideró la FDN y el ELN por CNF (glúcidos no fibrosos) para cada edad de rebrote y de las heces, según la siguiente fórmula:

$$\text{ET}^*, \text{ kcal/kg MS} = 9.50 \text{ EE} + 4.79 \text{ FDN} + 5.72 \text{ PT} + 4.03 \text{ CNF}$$

Donde:

ET*: Energía total

EE: Extracto etéreo

FDN: Fibra detergente neutro

PT: Proteína total

CNF: Carbohidratos no fibrosos (glúcidos no fibrosos)

La fibra detergente neutra está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, los dos primeros se fermentan a nivel del ciego y colon proximal por acción bacteriana, se menciona que la digestibilidad de la fibra y sus componentes es mayor en los cobayos con respecto a los conejos, hámster y ratas (Sakaguchi *et al.*, 1987).

Los carbohidratos, también se denominan glúcidos, entre los glúcidos no fibrosos tenemos a los monosacáridos simples que se ubican en el citoplasma de la célula, como la glucosa (por degradación del almidón) u otros que no pueden ser hidrolizados en sustancias más simples, que aportarán energía después de la acción bacteriana, mediante los ácidos grasos volátiles.

3.5.3 Determinación de la digestibilidad de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

La digestibilidad del pisonay (*Erythrina edulis*) se determinó mediante experimentos de digestión convencional *in vivo* por colección fecal total y consumo *ad libitum*, se utilizó jaulas metabólicas individuales provistas de comederos, bebederos, colectores de heces y orina, con una muestra de 3 cuyes (réplicas) machos de 3 meses de edad por mezcla alimenticia.

En base a la composición nutricional de la harina de pisonay y harina de maíz de cada edad de rebrote (Tablas 14, 15, 16 y 17), se preparó la mezcla alimenticia en presentación de harina, en proporciones de 64.0/36.0, 66.3/33.7 y 73.5/26.5 más vitamina C en cantidad de 0.5 g/kg de alimento, donde su composición nutricional fue calculada (Tabla 18), para tener una homogeneidad en la proteína del 18.0%. Dichos valores fueron utilizados para determinar el coeficiente de digestibilidad de cada nutriente de la mezcla alimenticia.

El experimento tuvo un periodo de acostumbramiento de 7 días y un período de colección de 7 días por corrida. Los datos que se registraron fueron: alimento ofrecido y alimento rechazado (residuos y desperdicios) (Tablas 19, 20 y 21) en base húmeda, posteriormente todo se ajustado a materia seca, además, se registró la cantidad de heces frescas producidas por cada cuy según edad de rebrote.

Al final del período de colección se tomó una muestra de la mezcla alimenticia, a fin de determinar la materia seca; así como de las heces.

Una vez concluido el período de colección, las muestras de alimento ofrecido, alimento rechazado y las heces de cada cuy, según edad de rebrote, fueron cuantificadas y mezcladas, molidas y analizadas mediante la composición química proximal.

La digestibilidad aparente (Crampton y Harris, 1974) para cada nutriente de la mezcla alimenticia, se realizó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{CDA (\%)} = \frac{\text{Materia seca consumida} - \text{Materia seca excretada}}{\text{Materia seca consumida}} \times 100$$

Donde:

CDA: Coeficiente de digestibilidad del alimento

La digestibilidad de la proteína total, extracto etéreo, ceniza, fibra detergente neutra, extracto libre de nitrógeno y carbohidratos no fibrosos (glúcidos no fibrosos) se realizó de forma similar, de acuerdo a la composición nutricional de la mezcla alimenticia (Tabla 18) y de las heces (Tablas 22, 23 y 24).

El coeficiente de digestibilidad de cada nutriente de la mezcla alimenticia se determinó por cada cuy según edad de rebrote (Tablas 28, 29 y 30).

La energía digestible (Crampton y Harris, 1974) de la mezcla alimenticia, se determinó en base al contenido energético del alimento y las heces expresadas en base seca, a partir de los datos obtenidos en el experimento de digestibilidad (Tablas 25, 26 y 27), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{EDa, kcal/kg MS} = \text{EB} - \frac{\text{EBh} \times \text{Qh}}{\text{Ia}}$$

Donde:

EDa: Energía digestible de la mezcla alimenticia

EB: Energía bruta de la harina de pisonay

EBh: Energía bruta de las heces

Qh: Cantidad de heces producidas por día

Ia: Cantidad de alimento ingerido

Posteriormente, se estimó la cantidad de energía digestible (Crampton y Harris, 1974) de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*), según la proporción de harina de pisonay de las tres edades de rebrote que fueron 64.0, 66.3 y 73.5, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$EDh, \text{ kcal/kg MS} = EDm + \left[\frac{EDa - EDm}{\% \text{ Ha}} \right] \times 100$$

Donde:

EDh: Energía digestible de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

EDa: Energía digestible de la mezcla alimenticia

EDm: Energía digestible del maíz, 3854.58 kcal/kg (Castro & Chirinos, 2021)

% Ha: Proporción de harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

El método indirecto propuesto por Crampton & Harris (1974), fue aplicado para determinar la digestibilidad y energía digestible de la harina de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) (Cuibin *et al.*, 2020) y del forraje seco de mucuna (*Mucuna pruriens*) (Sotelo *et al.*, 2020) en cuyes machos de la línea mejorada Tipo I.

3.5.4 Determinación de la respuesta animal de los cuyes alimentados con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

La respuesta animal de los cuyes se determinó mediante la ganancia de peso vivo de cuyes alimentados con tres tipos de dietas balanceadas por cada edad de rebrote, con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*), se elaboró 9 dietas experimentales y una testigo con la inclusión de harina de alfalfa en 20.0% (dieta control) (Tabla 3).

La formulación de las dietas se realizó con un software programado para cuyes, se consideró los requerimientos nutricionales en condiciones isoprotéicas (17-18%) e isoenergéticas (3.0 Mcal/kg de MS de Energía Digestible).

La mezcla de los insumos alimenticios para cada dieta experimental se realizó en una mezcladora horizontal de doble hélice aproximadamente por 7 min. Las dietas experimentales (10 dietas) terminadas fue en presentación de harina (Tabla 3).

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, se registró el peso inicial y final, para lo cual, se utilizó una balanza digital Henkel BRD04kF (± 1 g), donde los cuyes fueron pesados semanalmente hasta concluir la fase experimental.

Tabla 3

Insumos alimenticios en las dietas experimentales y control para cuyes, %

Insumos	Dieta Control	Edad de rebrote de pisonay, meses								
		4			8			12		
		Dietas experimentales: nivel de pisonay, %								
		10	20	30	10	20	30	10	20	30
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									
Afrecho de trigo	45.9	58.1	39.9	22.0	58.2	40.3	22.6	59.2	42.2	25.4
Torta de soya	18.3	17.3	16.2	14.5	17.3	16.2	14.3	17.4	16.1	14.6
Maíz	11.9	11.9	21.3	31.4	11.9	21.0	31.0	10.9	19.2	27.9
Fosfato dicálcico	0.9		1.2	1.0		1.2	1.0		1.2	1.0
Carbonato de calcio	1.4	1.6	0.4		1.6	0.4		1.6	0.4	
Sal	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamina C	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Micosecuestante	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Premix (vitaminas y minerales)	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
Composición nutricional calculada										
Materia seca, %	93.4	93.7	93.6	93.5	93.6	93.6	93.5	93.6	93.6	93.8
Proteína total, % MS	17.4	17.9	17.7	17.5	17.8	17.7	17.6	17.9	17.8	17.8
Extracto etéreo, % MS	1.8	2.3	2.0	1.9	2.3	2.1	1.9	2.4	2.3	2.3
Cenizas, % MS	4.3	4.6	4.8	5.1	4.6	4.9	5.4	4.6	5.2	5.6
Fibra detergente neutra, % MS	32.3	36.0	33.6	31.7	36.0	33.9	32.0	36.1	34.2	32.6
Fibra cruda, % MS	9.2	13.0	13.2	14.2	12.9	13.3	14.3	12.8	13.8	14.5
Energía digestible, Mcal/kg	3.06	2.96	3.01	3.01	2.97	3.01	3.01	2.98	2.98	3.01

3.5.5 Análisis económico

El análisis económico de cada uno de las dietas propuestas, se determinó a través de la retribución económica (Tabla 4), mediante la diferencia del precio de la carcasa del animal en el mercado y el costo de la dieta (Yamada *et al.*, 2019).

Tabla 4

Índices propuestos para determinar la retribución económica de las dietas

Índices	Dietas experimentales
Peso de la carcasa (kg)	
Precio de la carcasa (S/.)	
Ingreso bruto por cuy vendido (S/.)	
Consumo concentrado (kg)	
Precio concentrado (S./kg)	
Costo de alimentación (S/.)	
Retribución económica por cuy logrado (S/.)	
Retribución económica relativa (%)	

Para determinar el costo de las dietas propuestas, se consideró los precios de mercado de los insumos alimenticios (Tabla 5), que fue proporcionada por la empresa Del Corral SRL.

Pérez (2000), determinó el costo de la harina de Erythrina en US \$ 0.135/kg (US \$ 1.00 = S/ 3.35), además, se consideró la depreciación de la moneda nacional (soles) de 81.6% y la apreciación/depreciación cambiaria de 12.2% según reportes del BCRP (Banco Central de Reserva del Perú).

Tabla 5

Costo de los insumos alimenticios de las dietas

Insumos	S/. /kg
Harina de pisonay	0.92
Harina de alfalfa	1.96
Afrecho de trigo	1.10
Torta de soya	1.78
Maíz	1.35
Fosfato dicálcico	2.70
Carbonato de calcio	0.45
Sal	0.80
Vitamina C	39.00
Micosecuestante	10.00
Premix (vitaminas y minerales)	10.00
DL- Metionina	15.00

3.5.3 Aplicación de prueba estadística inferencial

Para el análisis estadístico de los datos de la composición de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) y coeficientes de digestibilidad, se utilizó la estadística descriptiva como las medidas de tendencia central y dispersión para los caracteres cuantificables. Para cada nutriente se realizó el intervalo de confianza para la media, de la siguiente manera:

$$P(X - \sigma/\sqrt{n}.Z_{\alpha/2} < u < X + \sigma/\sqrt{n}.Z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha$$

Donde:

X: Promedio

Z: Valor crítico de la distribución normal estandarizado

σ : Desviación estándar

n: Tamaño de muestra

$$\alpha = 0.05$$

Para el análisis estadístico de la ganancia de peso vivo, se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con diez tratamientos (dietas experimentales) y para determinar la diferencia entre los grupos de prueba individuales y el control se aplicó la prueba de Dunnett con un nivel de significancia del 0.05, cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta

μ : Media general de la ganancia de peso diario

F_i : Efecto de las dietas experimentales

ϵ_{ij} : Error experimental

Además, se utilizó un arreglo factorial 3x3 (tres niveles de edad de rebrote x tres niveles de inclusión), sin considerar el tratamiento control y para la comparación de medias de cada factor: edad de rebrote y nivel de inclusión, se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 0.05, el modelo matemático corresponde al aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:



Y_{ijk} : Variable de respuesta

μ : Media general de la ganancia de peso diario

A_i : Efecto de la edad de rebrote (4, 8 y 12 meses)

B_j : Efecto del nivel de inclusión (10, 20 y 30%)

$(AB)_{ij}$: Efecto de la interacción edad x inclusión

ϵ_{ijk} : Error experimental

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

En las Tablas 6, 7 y 8, se observan los valores nutricionales de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote. La materia seca (MS) en todos los casos fue 92.0%, la proteína total (PT) fue 22.0% a los 4 y 8 meses y a los 12 meses de edad de rebrote fue 20.7%.

Tabla 6

Composición nutricional de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 4 meses de edad de rebrote

Indicador	\bar{X}	Sx	CV (%)	LI	LS
MS, %	92.456	0.356	0.386	92.144	92.768
PT, % MS	22.228	2.602	11.706	19.947	24.509
EE, % MS	1.146	0.112	9.807	1.047	1.245
CZS, % MS	9.132	0.382	4.184	8.797	9.467
FDN, % MS	46.284	1.214	2.623	45.220	47.348
FDA, % MS	29.490	1.029	3.489	28.588	30.392
FC, % MS	25.184	1.911	7.589	23.509	26.859
ELN, % MS	42.310	3.915	9.252	38.879	45.741
CNF, % MS	21.210	3.000	14.143	18.581	23.839
Energía total, Mcal/kg MS	4.291	66.454	1.548	4.233	4.349
Energía total, Mcal/kg MS*	4.452	57.811	1.299	4.401	4.502

\bar{X} , promedio. Sx, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad
LI, límite inferior. LS, Límite superior. Intervalo de confianza del 95%
* Se consideró FDN y CNF

Con respecto, al extracto etéreo (EE) se conservó en 1% en todas las edades de rebrote, las cenizas (CZS) tuvieron igual comportamiento que fue 9.0%. La fibra detergente neutra

(FDN) fue 45.2 a 47.7% para los 4 y 8 meses de edad de rebrote y de 42.2 a 47.2% a los 12 meses de edad de rebrote; la fibra detergente acida (FDA) a los 4 y 8 meses de edad de rebrote estuvieron entre 28.2 a 30.7% y a los 12 meses de edad de rebrote estuvo entre 26.5 a 29.7%; y la fibra cruda (FC) en todas las edades de rebrote estuvieron entre 21.8 a 28.0%. El extracto libre de nitrógeno (ELN) para los 4 y 8 meses de edad de rebrote estuvieron alrededor de 38.8 a 45.7% y de 40.6 a 47.1%, para los 12 meses de edad de rebrote y los carbohidratos no fibrosos (CNF) tuvieron un rango de 18.5 a 23.8% para los 4 y 8 meses y para los 12 meses de edad de rebrote fue entre 21.5 a 26.5%.

Tabla 7

Composición nutricional de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 8 meses de edad de rebrote

Indicador	\bar{X}	Sx	CV (%)	LI	LS
MS, %	92.512	0.224	0.242	92.316	92.708
PT, % MS	21.814	1.073	4.917	20.874	22.754
EE, % MS	1.116	0.183	16.432	0.955	1.277
CZS, % MS	9.350	1.695	18.129	7.864	10.836
FDN, % MS	46.730	1.143	2.447	45.728	47.732
FDA, % MS	29.496	1.402	4.753	28.267	30.725
FC, % MS	24.816	2.164	8.720	22.919	26.713
ELN, % MS	42.904	2.228	5.194	40.951	44.857
CNF, % MS	20.990	1.193	5.684	19.944	22.036
Energía total, Mcal/kg MS	4.271	88.216	2.065	4.194	4.348
Energía total, Mcal/kg MS*	4.438	84.306	1.900	4.364	4.511

\bar{X} , promedio. Sx, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad
LI, límite inferior. LS, Límite superior. Intervalo de confianza del 95%
* Se consideró FDN y CNF

Los valores hallados (Tabla 6, 7 y 8) con respecto a la energía total a través de la fórmula propuesta por Nehring y Haenlein (1973), fue entre 4.19 a 4.34 Mcal/kg de MS para todas las edades de rebrote y cuando se utilizó la FDN y CNF por FC y ELN respectivamente, se incrementó la energía de 4.36 a 4.51 Mcal/kg de MS.

La MS reportada en la *Moringa oleífera* como harina fue 93.6% (Tijani *et al.*, 2016), indicador que fue similar con la harina de pisonay (*Erythrina edulis*). La PT de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) resultó ser inferior al valor reportado en la *Erythrina*

americana, 25.6% (Ascencio *et al.*, 2019) y con el follaje proveniente de la *Erythrina sp* que alcanzaron valores de 23% a los 12 meses de edad de rebrote (Cárdenas *et al.*, 2018) y 26% a los 4 meses de edad de rebrote (Choque *et al.*, 2018), con respecto a las harinas provenientes de follajes arbustivos, mostraron similitud, quienes estuvieron por encima de 20% (Rodríguez *et al.*, 2014).

La FDN y FDA al ser comparada con el follaje de la *Erythrina americana* que denotaron valores de 52 a 58% y 28 a 34% (Ascencio *et al.*, 2019) y con la FDN: 58% de la *Erythrina sp* (Choque *et al.*, 2018), ambas están por encima de los encontrados en la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) que estuvieron entre 42.2 a 47.7% y 26.5 a 30.7% respectivamente y con relación a la FDN de harinas provenientes de follajes arbustivos, estuvieron dentro del rango que varió entre 30 a 50% (Rodríguez *et al.*, 2014).

La cantidad de CZS en la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) fue 50% menos con respecto al valor hallado en la *Erythrina variegata* en periodo lluvioso que fue 19% (Verdecia *et al.*, 2014).

Tabla 8

Composición nutricional de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 12 meses de edad de rebrote

Indicador	\bar{X}	Sx	CV (%)	LI	LS
MS, %	92.450	0.615	0.666	91.911	92.989
PT, % MS	20.718	1.422	6.864	19.471	21.965
EE, % MS	1.366	0.459	33.606	0.964	1.768
CZS, % MS	9.088	0.805	8.859	8.382	9.794
FDN, % MS	44.788	2.865	6.397	42.277	47.299
FDA, % MS	28.148	1.879	6.676	26.501	29.795
FC, % MS	24.934	3.539	14.195	21.832	28.036
ELN, % MS	43.894	3.727	8.490	40.627	47.161
CNF, % MS	24.040	2.866	11.922	21.528	26.552
Energía total, Mcal/kg MS	4.278	57.440	1.343	4.227	4.328
Energía total, Mcal/kg MS*	4.428	50.103	1.131	4.385	4.472

\bar{X} , promedio. Sx, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad
LI, límite inferior. LS, Límite superior. Intervalo de confianza del 95%
* Se consideró FDN y CNF

La energía total de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) (4.19 a 4.51 Mcal/kg MS) estuvieron por debajo de 4.68 Mcal/kg MS, hallado mediante bomba calorimétrica adiabática en las hojas de la *Erythrina glauca* (Régnier *et al.*, 2013).

La calidad proteica observada en la harina de pisonay (*Erythrina edulis*), además de la fibra detergente neutra y acida (Tabla 6, 7 y 8), al ser comparada con la composición nutricional de varias especies de *Erythrina* (PC: 19 a 35%, FDN: 26 a 58% y FDA: 27 a 43%), nos indicaría que el pisonay (*Erythrina edulis*) es una forrajera adecuada para la alimentación animal (Larbi *et al.*, 1996). Pinto *et al.* (2004), mencionan que especies arbóreas al tener niveles de PC: 22.8%, FDN: 43.1% y FDA: 28.8%, sugiere el potencial forrajero y su uso en la ganadería como suplemento, estos valores pueden ser afectados por la edad de rebrote, como se observó en la *Erythrina variegata*, la edad presentó marcado efecto en la composición bromatológica al disminuir la calidad proteica de 28 a 17%, en la medida que la madurez avanza (Verdecia *et al.*, 2014).

La composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) con respecto a la proteína, FC y FDN, para las tres edades fueron 21, 25 y 46% respectivamente, están cercanos a los valores hallados en otras arbóreas forrajeras (25, >29 y 47%) que tuvieron efectos beneficiosos en el consumo del alimento, en la ganancia de peso final y diaria, probablemente por la presencia de hemicelulosa mayor a 14%, esta similitud en el perfil de nutrientes garantizaría un mejor desempeño productivo en cuyes (Kampemba *et al.*, 2017), además, mencionan que se requieren altos niveles de fibra dietética (FC: 29 a 35%) para la fisiología digestiva de los cuyes.

4.2 Digestibilidad aparente de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

En las Tablas 9, 10 y 11, se observan los coeficientes de digestibilidad (CD) de cada uno de los nutrientes. El CDMS tiende a disminuir al incrementarse la edad de rebrote, a los 4 meses fue 50.1%, a los 8 meses 49.1% y a los 12 meses 45.8%, se observó el mismo comportamiento con el CDPT de 62.1, 58.2 y 46.2% para los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote respectivamente. El CDEE presentó el pico más alto a los 8 meses de edad de rebrote que fue 31.0% y disminuyó hasta 15.6% a los 12 meses de edad de rebrote. El CDCZS a los 8 meses de edad de rebrote alcanzó el máximo valor de 47.4% y el mínimo valor se observó a los 4 meses de edad de rebrote (27.1%).

El CDFDN tiende a disminuir al incrementarse la edad de rebrote, a los 4 meses fue cercano al 25.0%, a los 8 meses de 18.5 a 23.6% y de 18.2 a 23.1% para los 12 meses.

El CDELN para los 4 y 8 meses de edad de rebrote fue entre 60.7 a 65.5% y disminuyó hasta 58.0% a los 12 meses. El CDCNF para los 4 meses de edad de rebrote alcanzó el valor de 71.5% y para los 8 y 12 meses fue entre 67.4 a 75.4%.

Tabla 9

Digestibilidad aparente de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 4 meses de edad de rebrote

Indicador	\bar{X}	Sx	CV	LI	LS
MS	50.149	1.344	2.681	48.628	51.670
PT	62.120	8.111	13.057	52.942	71.299
EE	16.760	6.062	36.171	9.900	23.620
CZS	30.099	2.574	8.551	27.187	33.011
FDN	24.987	0.692	2.769	24.204	25.770
ELN	62.696	1.444	2.303	61.063	64.330
CNF	70.069	1.293	1.845	68.607	71.532
Energía digestible, Mcal/kg MS	1.875	171.807	9.162	1.680	2.069
Energía digestible, Mcal/kg MS*	2.012	166.429	8.268	1.824	2.201

\bar{X} , promedio. Sx, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad
LI, límite inferior. LS, Límite superior. Intervalo de confianza del 95%

* Se consideró FDN y CNF

La energía digestible disminuyó al incrementarse la edad de rebrote, a los 4 meses fue desde 1.620 a 2.069 Mcal/kg MS, a los 8 meses fue de 1.500 a 1.985 Mcal/kg MS y de 1.508 a 1.835 Mcal/kg MS para los 12 meses de edad de rebrote.

Tabla 10

Digestibilidad aparente de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 8 meses de edad de rebrote

Indicador	\bar{X}	Sx	CV	LI	LS
MS	49.141	2.178	4.432	46.677	51.605
PT	58.206	1.502	2.581	56.506	59.906
EE	31.007	20.543	66.252	7.761	54.253
CZS	43.575	3.392	7.784	39.737	47.413
FDN	21.077	2.271	10.776	18.506	23.647
ELN	63.152	2.094	3.316	60.782	65.522
CNF	71.451	3.492	4.887	67.499	75.402
Energía digestible, Mcal/kg MS	1.742	214.406	12.303	1.500	1.985
Energía digestible, Mcal/kg MS*	1.828	225.093	12.308	1.574	2.835

\bar{X} , promedio. Sx, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad
LI, límite inferior. LS, Límite superior. Intervalo de confianza del 95%
* Se consideró FDN y CNF

Al utilizar los nutrientes FDN y CNF por FC y ELN respectivamente, la energía digestible se incrementó, cabe indicar que la energía digestible para los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote fueron 2.012, 1.828 y 1.708 Mcal/kg MS respectivamente.

Tabla 11

Digestibilidad aparente de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 12 meses de edad de rebrote

Indicador	\bar{X}	Sx	CV	LI	LS
MS	45.794	0.958	2.092	44.710	46.878
PT	46.289	5.216	11.269	40.386	52.191
EE	15.609	15.389	98.592	1.805	33.022
CZS	39.742	1.501	3.776	38.044	41.440
FDN	20.694	2.132	10.303	18.281	23.106
ELN	61.441	3.028	4.928	58.014	64.867
CNF	71.944	1.410	1.961	70.347	73.540
Energía digestible, Mcal/kg MS	1.617	96.528	5.966	1.508	1.727
Energía digestible, Mcal/kg MS*	1.708	112.786	6.602	1.580	1.835

\bar{X} , promedio. Sx, desviación estándar. CV, coeficiente de variabilidad
LI, límite inferior. LS, Límite superior. Intervalo de confianza del 95%

* Se consideró FDN y CNF

Los coeficientes de digestibilidad de la PT, EE, CZS, ELN y la energía digestible de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) fueron superiores al reportado en la *Erythrina poeppigiana*, que fue cosechada a los 6 meses desde el último corte (Sotelo *et al.*, 2016). El follaje de leucaena, naranjillo y morera de 45 días de rebrote para los CDMS, CDPT, CDFDN y la energía digestible, en conejos, mostraron valores por encima de 55, 68, 31% y 1.860 Mcal/kg de dieta respectivamente (Nieves *et al.*, 2008), esto nos indicaría, que existiría efecto de la edad de rebrote en los coeficientes de digestibilidad de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*).

Al comparar la digestibilidad de la materia seca (50.1%), proteína (62.1%) y extracto libre de nitrógeno (62.7%) de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de 4 meses de edad, fue relativamente similar con la digestibilidad de la alfalfa de 30 días de corte (MS: 54.2%, PT: 62.8% y ELN: 67.7%), la semejanza observada en la proteína, nos sugiere que es un indicador de la calidad nutricional del alimento (López *et al.*, 2018).

La cantidad de fibra en la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) fue mayor a 24%, valor que afectó la digestibilidad, se menciona que la tasa de pasaje se incrementa y por ende disminuye la absorción de los nutrientes (Sotelo *et al.*, 2016). La edad de rebrote tiene una relación inversamente proporcional con respecto al coeficiente de digestibilidad de



la MS, PC y FDN, este proceso puede ser afectado por la lentitud de la digestión, ya que el tránsito gastrointestinal dura 13 a 30 horas y esto predispone a la estasis alimentaria (Fuss, 2002), probablemente por el tamaño del intestino delgado que representa el 55% y el colon en 37% (Merchant *et al.*, 2011).

4.3 Ganancia de peso vivo

La ganancia de peso vivo (Tabla 12) fueron similares entre las dietas y no mostraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) con respecto a la dieta control (C20A: 11.09 ± 2.79 g/animal/día), cabe indicar que con la dieta 8M10 se alcanzó 12.45 ± 2.16 g/animal/día y en la dieta 8M30 disminuyó hasta 11.07 ± 2.10 g/animal/día.

Tabla 12

Ganancia de peso vivo diario (g/animal/día) de cuyes (Cavia porcellus)

Edad de rebrote (meses)	Nivel de inclusión (%)	N	$\bar{X} \pm Sx$
4	10	3	12.27 ± 1.42
	20	3	11.75 ± 2.43
	30	3	11.55 ± 1.11
	Total	9	11.86 ± 1.72
8	10	3	12.45 ± 2.16
	20	3	11.80 ± 1.64
	30	3	11.07 ± 2.10
	Total	9	11.77 ± 2.01
12	10	3	11.51 ± 1.44
	20	3	11.17 ± 1.50
	30	3	11.84 ± 1.65
	Total	9	11.51 ± 1.52
	10	9	12.08 ± 1.71
	20	9	11.58 ± 1.87
	30	9	11.49 ± 1.66
Dieta control		3	11.09 ± 2.79

\bar{X} , promedio. Sx , desviación estándar.

El factor edad de rebrote (Tabla 12) no afectó la ganancia de peso, fueron similares entre sí ($P \geq 0.05$) y disminuyeron de 11.86 ± 1.72 , 11.77 ± 2.01 y 11.51 ± 1.52 g/animal/día respectivamente.

El factor inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) (Tabla 12) no afectaron los valores encontrados ($P \geq 0.05$), que fueron decreciendo de 12.08 ± 1.71 a 11.49 ± 1.66 g/animal/día.

La ganancia de peso diario entre las dietas y la dieta C20A fueron similares ($P \geq 0.05$), estos valores hallados llegaron en promedio a 11.66 ± 1.87 g/animal/día y fueron superiores al obtenido con forraje fresco *ad libitum* de *Erythrina poeppigiana* (8 g/animal/día), cabe indicar que ambos estudios tienen el mismo periodo de engorde (Meza *et al.*, 2014a) y dietas en base a forraje verde de *Erythrina poeppigiana*, después de 56 días de alimentación lograron una ganancia de peso de 6.8 g/animal/día (Sánchez *et al.*, 2012).

La harina de *Erythrina poeppigiana* de 60 días de edad de rebrote incluida en el concentrado logró alcanzar 7.6 g/animal/día de ganancia de peso en la etapa de engorde de cuyes (Meza *et al.*, 2014b), en otro estudio, se utilizaron el follaje de especies arbustivas cosechadas a 60 días de rebrote, como suplemento alimenticio en cuyes mestizos, se observó que la ganancia media diaria de los cobayos fue 6.4 a 6.6 g/animal/día (Reyes *et al.*, 2018), valores que fueron menores al comparar con el efecto de la edad de rebrote.

El efecto de la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) sobre la ganancia de peso diario (11.71 ± 1.75 g/animal/día) fueron similares ($P \geq 0.05$), indicador que estuvo por encima de la inclusión de *Erythrina poeppigiana ad libitum* más 15 g de balanceado en la dieta para cuyes, donde se obtuvo una ganancia de peso de 8.3 g/animal/día (Meza *et al.*, 2018) y ocurrió lo contrario, con los niveles de harina de hojas y peciolo de *Erythrina* (7, 14, 21 y 28%) que influyeron en la gradual disminución de la ganancia diaria de peso en 12.2, 12.0, 11.9 y 11.2 g/animal/día respectivamente, esta similitud probablemente se debería a la edad de rebrote (2.5 meses) del forraje utilizado en la ración concentrada por 60 días (Paredes *et al.*, 2017).

La similitud en la composición nutricional ofrecida a través de las dietas, proteína cercana a 18%, energía en 3.0 Mcal/kg (Tabla 3), tuvieron el mismo efecto en la ganancia de peso diario (Tabla 12), requerimientos similares a los propuestos por la NRC (1995), en otro estudio, se utilizó harina de forrajeras tropicales en la dieta para cuyes, donde hubo similitud en la proteína y la fibra (12.7%), lograron una ganancia media diaria de 11.7 a 12.2 g/animal/día (Apraez *et al.*, 2008), se ha observado que a menor cantidad de fibra se podría incrementar la ganancia de peso, Camino & Hidalgo (2014) lograron 14.5 g/animal/día con alimento peletizado con 7 a 8% de fibra cruda en la dieta, esto se corrobora con el trabajo realizado por Airahuacho & Vergara (2017), mencionan que

encontraron un efecto favorable sobre la ganancia de peso (15.5 g/animal/día) con 8.6% de fibra cruda y con 2% más de proteína, con respecto a las dietas con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*), que contenían de 12.9 a 14.5% de fibra cruda.

La proporción de FDN observada en las dietas propuestas con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*), estuvieron entre 32 a 36%, nos permitieron lograr ganancias de peso desde 11.07 a 12.45 g/animal/día, indicador que fue mayor a dietas con proporciones de 30 y 25% de FDN, donde obtuvieron 10.83 y 10.73 g/animal/día respectivamente (Paredes & Goicochea, 2021). Las dietas con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) tendrían el mismo comportamiento al ser comparadas con dietas que incluían heno de alfalfa, cubo de heno y heno de avena en proporciones del 50 y 75% en la dieta, con niveles de 25 y 32% de FDN, provocaron mayor ingesta de MS y ganancia de peso corporal, pese a que disminuyeron la digestibilidad de la materia seca (74 y 68%) y la proteína (72 y 68%), y la digestibilidad de la FDN de las dietas estuvieron entre 41.1 a 42.8%, este comportamiento indicaría que los cuyes parecen preferir cantidades relativamente grandes de fibra en su dieta (E. Sakaguchi et al., 1997), en otro estudio, demostraron que proporciones de 36 y 40% de FDN tuvieron una digestibilidad similar del 28.0% (Trejo *et al.*, 2019), esto nos indicaría, que a mayor cantidad de FDN en la dieta induce menor ganancia de peso.

Otro de los probables efectos en la ganancia de peso, es el proceso de degradación de la fibra a nivel del ciego, se menciona que en la fermentación se producen ácidos grasos como el acético, propiónico y butírico en cantidad como en los rumiantes (Henning & Hird, 1970), al proporcionar mayor cantidad de forraje fibroso posiblemente haya ocasionado mayor producción de ácido acético, esto significaría una relación baja con respecto al ácido propiónico, esto conllevaría a no tener la suficiente cantidad de glucosa que estimularía mayor ganancia de peso vivo, esto se corrobora con el trabajo propuesto por Yu *et al.* (2000), indican que al ofrecer una dieta con 10% de fibra provocaron mayor concentración de acético ($57.1 \pm 3.4\%$) seguido del propiónico ($24.3 \pm 3.2\%$), que tendrían una relación de 2.5:1, esto indicaría que la secreción de enzimas como la celobiasa y endogluconasa dependen del alimento consumido.

4.4 Retribución económica de las dietas

En la Tabla 13, se observa que el mayor peso de carcasa se obtuvo con las dietas C20A, 12M20, 8M10 y 12M30 (0.779, 0.773, 0.770 y 0.770 kg respectivamente) y el menor peso de carcasa fue 0.697 kg con la dieta 8M30. Para lograr dichos pesos, los cuyes que recibieron la dieta 8M10 consumieron menor cantidad de alimento integral (3.369 kg), con la dieta C20A llegaron a consumir 3.551 kg y con la dieta 12M30 alcanzaron a consumir 3.696 kg.

El mayor costo de alimentación se logró con las dietas C20A (S/. 5.618), 4M30 (S/. 4.697) y 4M10 (S/. 4.595) y el menor costo fue con las dietas 12M30 (S/. 3.945) y 8M30 (S/. 3.476). La mayor retribución económica se logró con las dietas 12M30 (S/. 15.302), 12M20 (S/. 15.200) y 8M10 (S/. 15.122) y la menor retribución económica se observó en la dieta 8M30 (S/. 13.941), seguida de la dieta C20A (S/. 13.848) y la dieta 4M30 (S/. 13.437).

La mayor retribución económica relativa se logró con las dietas 12M30 (110.504%), 12M20 (109.768%) y 8M10 (109.204%) con respecto a la dieta control (C20A: 100.000%) y la menor retribución se observó con la dieta 4M30 (97.038%).

Tabla 13

Retribución económica de las dietas ofrecidas a los cuyes

Índices	C20A	4M10	4M20	4M30	8M10	8M20	8M30	12M10	12M20	12M30
PfC (kg)	0.779	0.749	0.752	0.725	0.770	0.759	0.697	0.737	0.773	0.770
PrC (S/.)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
IBCV (S/.)	19.466	18.724	18.803	18.135	19.238	18.969	17.416	18.419	19.314	19.247
CCc (kg)	3.551	3.434	3.341	3.467	3.369	3.574	3.235	3.576	3.558	3.696
PCc (S/./kg)	1.582	1.338	1.349	1.355	1.222	1.163	1.075	1.220	1.156	1.067
CAlm (S/.)	5.618	4.595	4.507	4.697	4.116	4.154	3.476	4.361	4.114	3.945
REc (S/.)	13.848	14.129	14.296	13.437	15.122	14.815	13.941	14.057	15.200	15.302
RER (%)	100.000	102.030	103.238	97.038	109.204	106.986	100.672	101.514	109.768	110.504

PfC, Peso de la carcasa. PrC, Precio de la carcasa. IBCV, Ingreso bruto por cuy vendido. CCc, Consumo concentrado. PCc, Precio concentrado. CAlm, Costo de alimentación. REc, Retribución económica por cuy logrado. RER, Retribución económica relativa.

Con respecto a la retribución económica, se observó que las dietas 8M10, 8M20, 12M20 y 12M30 fueron superiores (> 106.9%) al ser comparados con el forraje tropical *Erythrina poeppigiana* que fue ofrecido *ad libitum* más 15 g de balanceado por 56 días en la etapa de engorde, llegó a 105.6% de retribución económica con respecto al alimento balanceado

(Meza *et al.*, 2018), en otras dietas, que buscaron reemplazar el maíz por cebada grano al ser incluidas en dietas peletizadas, después de 7 semanas (49 días) con la inclusión del 40% de cebada grano, reemplazó satisfactoriamente al maíz (0% de cebada y 18% de maíz), que generó igual retribución económica relativa del 100% (Vidaurre *et al.*, 2020), también, al comparar el espacio libre utilizado en nuestro estudio, 0.135 m² por animal, con la cantidad de animales por lote, con un área libre de 0.0781 m² por animal, se encontró que la mejor retribución económica fue con lotes de 10 animales (Roter *et al.*, 2018), esto nos indica, que disponer un espacio vital adecuado se logra mejor beneficio-costo, como se alcanzó al emplear 0.24 m²/cuy macho en pozas de engorde (Cáceres *et al.*, 2004).

El rendimiento de carcasa (Tabla 13), se convierte en un indicador relacionado a incrementar la retribución económica, además de tener una dependencia directa con el consumo del alimento, ganancia de peso por día y conversión alimenticia (Meza *et al.*, 2018) como ocurrió con adición de harina de *Erythrina edulis* en el concentrado para cuyes, se logró mejorar la conversión alimenticia y rendimiento de carcasa (Guevara *et al.*, 2013).

Por los resultados encontrados con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*), además de la composición nutricional, podríamos demostrar la factibilidad de su utilización como insumo alimenticio en la elaboración de dietas para cuyes en crecimiento, indicadores que pueden ser comparados, con la alimentación mixta compuesta por una dieta comercial peletizada ofrecida *ad libitum* más alfalfa fresca en dos sistemas de alojamiento: corrales de piso y jaulas de alambre, no afectaron la ganancia de peso vivo diaria (10.6 vs 11.1 g/animal/día), el rendimiento en canal (72.4 vs 73.0%) y la conversión alimenticia (3.8 vs 3.6) (Mínguez *et al.*, 2019), este último fue más eficiente con respecto a nuestro estudio, esta similitud productiva se validaría por Apréaz *et al.* (2013), indican que si las arbustivas provenientes de arreglos Silvopastoriles, tienen similitud con el contenido nutricional de la alfalfa, nos ayudaría a reducir la dependencia de los concentrados, especialmente como insumo proteico, además, de disminuir el costo de las fuentes proteicas provenientes de otros lugares.



CONCLUSIONES

1. La edad de rebrote al incrementarse provocó similitud en la MS, EE, CZS y ET. La PT y la FDN disminuyeron. La FDA, FC, ELN y los CNF se incrementaron.
2. El CDMS, CDPT, CDFDN y CDELN disminuyeron al incrementarse la edad de rebrote y ocurre todo lo contrario con el CDCNF. La ED disminuyó de 1.925 a 1.589 Mcal/kg MS.
3. La ganancia de peso fue similar entre las dietas (11.66 ± 1.87 g/animal/día) así como en el factor edad de rebrote y el factor inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) (11.71 ± 1.75 g/animal/día).
4. La retribución económica fue mayor con la dieta 12M30 que fue S/. 15.302 (110.504%) y menor con la dieta 4M30 fue S/. 13.437 (97.038%).

RECOMENDACIONES

1. Por los resultados positivos en la nutrición de los cuyes se debe implementar bancos de proteína de árboles de pisonay (*Erythrina edulis*) para incrementar la producción de harina de diferentes partes de la planta.
2. Los niveles nutricionales de la proteína en la harina de pisonay (*Erythrina edulis*) deben ser utilizadas como fuentes alternativas o en sustitución de insumos proteicos en la elaboración de dietas para cuyes.
3. Incorporar el nutriente FDN en la formulación de dietas y evaluar el efecto de diferentes proporciones en el alimento integral sobre las características productivas de cuyes.
4. Además, se debe determinar la calidad y cantidad de aminoácidos en la harina de pisonay (*Erythrina edulis*).

BIBLIOGRAFÍA

- Adekojo, S. A., Adama, T. Z., Aremu, A., Ijaiya, A. T., Owoleke, O. E., & Ibrahim, A. (2014). Effects of Dietary Inclusion of Differently Processed *Leucaena leucocephala* Leaf Meal on Carcass Characteristics of Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 4(5), 118–127. <https://doi.org/10.5923/j.food.20140405.02>
- Aguilar, G., Bustamante, J., Bazán, V., & Falcón, N. (2011). Diagnóstico situacional de la crianza de cuyes en una zona de Cajamarca. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 22(1), 9–14. <https://doi.org/10.15381/rivep.v22i1.113>
- Airahuacho, F. E., & Vergara, V. (2017). Evaluation of two levels of digestible energy based on nutritional standards of the NRC (1995) in growth diets for guinea pigs (*Cavia porcellus* L). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(2), 255–264. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13079>
- Almeida, E. E. (2010). Caracterização farmacognóstica da espécie *Erythrina falcata* Benth., Fabaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20(1), 100–105. <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2010000100020>
- Alvear, C. M., Melo, W., Apráez, J. E., Gálvez, A., & Insuasty, E. G. (2013). Tree and shrub species with potential silvopastoral in the tropical dry forest of northern Cauca and southern Nariño. *Agroforestería Neotropical*, 3, 37–46. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/322/286>
- Amanullah, M. M., Somasundaram, E., Alagesan, A., Vaiyapuri, K., Pazhanivelan, S., & Sathyamoorthi, K. (2006). Evaluation of Some Tree Species for Leaf Fodder in Tamil Nadu. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(6), 552–553. <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/rjabs/rjabs/2006/552-553.pdf>
- Apráez-Guerrero, J. E., Fernández-Pármio, L., & Hernández-González, A. (2008). Effect of the usage of grasses and non conventional feed on the productive behavior, carcass performance and meat quality of guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 2(2), 29–34. <http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v2n2a03.pdf>
- Apráez-Guerrero, J. E., Gómez-Gómez, T. C., & Calpa-Tello, J. S. (2013). Productive

- behavior of guinea pigs (*Cavia porcellus*) under systems with gramineae silvopastoral in mild climate in the department of Nariño, Colombia. *Revista Investigación Pecuaria*, 2(2), 41–48.
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/990/1769>
- Araque, C., Quijada, T., D'Aubeterre, R., Páez, L., Sánchez, A., & Espinoza, F. (2006). Bromatología del mataratón (*Gliricidia sepium*) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 24(4), 393–399.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000400001
- Ascencio-Rojas, L., Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos, E., & Ibrahim, M. (2019). In situ ruminal degradation and effective degradation of foliage from six tree species during dry and rainy seasons in Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 93(1), 123–133. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0184-z> In
- Avendaño, N., & Castillo, A. (2014). El género *Erythrina* L. (Leguminosae-Faboideae) en Venezuela. *Acta Botanica Venezuelana*, 37(2), 123–164.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=66919229005&cid=23475>
- Baldizán, A., Domínguez, C., García, D. E., Chacón, E., & Aguilar, L. (2006). Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en el bosque deciduo tropical de los llanos centrales venezolanos. *Zootecnia Trop.*, 24(3), 213–232.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000300003.
- Bohada, C. M., Ospina, L. A., & Vargas, J. E. (2017). Identification and characterization of plant species with forage potential in the high tropics of the tapias river basin. In *Livestock Research for Rural Development*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018405938&partnerID=40&md5=ce4d26abdc599abf621e14cbc180a57>
- Burgos-Paz, W., Solarte-Portilla, C., & Cerón-Muñoz, M. (2010). Efecto del tamaño de camada y número de parto en el crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus* Rodentia: caviidae). *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 47–55.
<https://www.redalyc.org/pdf/695/69519014007.pdf>
- Cáceres, F., Jiménez, R., Ara, M., Huamán, H., & Huamán, A. (2004). Evaluación del

- espacio vital de cuyes criados en pozas. *Rev Inv Vet Perú*, 15(2), 100–112.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v15n2/a03v15n2.pdf>
- Camino, J., & Hidalgo, V. (2014). Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. *Rev Inv Vet Perú*, 25(2), 190–197.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/8490/7367>
- Cárdenas-Villanueva, L. A., Ramos-Zuñiga, R., Huamán-Gamarra, J. L., & Mena, E. R. (2021). Effect of the inclusion of pisonay meal (*Erythrina edulis*) of three regrowth ages on the productive characteristics in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(6), e21702.
<https://doi.org/10.15381/RIVEP.V32I6.21702>
- Cárdenas-Villanueva, L. Á., Sarmiento-Casavilca, V. H., & Ramos-Zuniga, R. (2018). Productive and technological characteristics into guinea pig meat (*Cavia porcellus*) using pisonay based-diets (*Erythrina* sp). *Journal of High Andean Research*, 20(4), 451–460. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.422>
- Castro-Bedriñana, J., & Chirinos-Peinado, D. (2021). Nutritional value of some raw materials for Guinea pigs (*Cavia porcellus*) feeding. *Translational Animal Science*, 5(2), 1–11. <https://doi.org/10.1093/tas/txab019>
- Cerda, R., Chandía, A., & Faúndez, M. (2003). Gestión de Operaciones en empresas Agropecuarias. In M. Aguilera, G. Bruna, F. Brzovic, R. Cerda, M. Clark, A. Chandía, J. I. Domínguez, A. Espinoza, M. Faúndez, P. García, C. Jara, A. De Kartzow, W. Kern, J. Lerdón, R. Marchant, M. Mora, J. Olavarría, R. Paillacar, A. Quijada, ... G. Vargas (Eds.), *Fundamentos en Gestión para Productores Agropecuarios: Tópicos y Estudios de Casos Consensuados por Universidades Chilena* (Vol. 3, pp. 148–206). http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/01_16_52_Gestion_de_Operaciones.pdf
- Choque, H., Huaita, A., Cárdenas, L. A., & Ramos, R. (2018). Effect of regrowth age the ruminal degradation of pisonay (*Erythrina* sp) in Andean valley of Abancay. *Journal of High Andean Research*, 20(2), 189–202. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.363>

- Cook, D. E. (1977). Gluconeogenesis in the Guinea Pig. *Eur. J. Biochem.*, 76(2), 567–571. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1977.tb11626.x>
- Crampton, E. W., & Harris, L. E. (1974). *Nutrición Animal Aplicada: El uso de los alimentos en la formulación de raciones para el ganado* (2da ed.). Editorial Acribia.
- Cuéllar, P., Rodríguez, L., & Preston, T. R. (1992). Uso del pizamo (*Erythrina fusca*) como suplemento proteico en dietas de tallo de caña prensado para terneras de levante. *Livestock Research for Rural Development*, 4(1). <http://www.lrrd.org/lrrd4/1/cuellar.htm>.
- Cuibin, R., Otto Zea, M., Gloria Palacios, P., Edgar Norabuena, M., Lizbeth Collazos, P., & Alejandrina Sotelo, M. (2020). Determination of digestibility and digestible energy of kudzu (*Pueraria phaseoloides*) meal in the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 31(4), 1–9. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V31I4.19020>
- D’Mello, J. P. F. (2006). Effects of antinutritional factors and mycotoxins on feed intake and on the morphology and function of the digestive system. In *Biology of Growing Animals* (Vol. 4, Issue C). Elsevier Ltd. [https://doi.org/10.1016/S1877-1823\(09\)70101-8](https://doi.org/10.1016/S1877-1823(09)70101-8)
- Donnelly, T. M., & Brown, C. J. (2004). Guinea pig and chinchilla care and husbandry. *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice*, 7(2), 351–373. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2004.02.006>
- Escamilo, S. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones Sociales*, 16(28), 16–20. <https://doi.org/10.15381/is.v16i28.7389>
- Esnaola, M. A., & Ríos, C. (1990). Hojas de Poró (*Erythrina poeppigiana*) como suplemento proteico para cabras lactantes. *Livestock Research for Rural Development*, 2(1). <http://www.lrrd.org/lrrd2/1/esnaola.htm>.
- Farfan-Rios, W., Garcia-Cabrera, K., Salinas, N., Raurau-quisiyupanqui, M. N., & Silman, M. R. (2015). Lista anotada de árboles y afines en los bosques montanos del sureste peruano: la importancia de seguir recolectando. *Revista Peruana de Biología*, 22(2), 145–174. <https://doi.org/10.15381/rpb.v22i2.11351>

- Flores, O. I., Bolivar, D. M., Botero, J. A., & Ibrahim, M. A. (1998). Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de ruminantes en el trópico. In *Livestock Research for Rural Development* (Vol. 10, Issue 1, pp. 8–15). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd10/1/cati101.htm>
- Fuertes, C. M., Jurado, B., Gordillo, G. C., Negrón, L. P., Núñez, E., Esteban, M., & Távara V, A. (2010). Estudio integral de plantas biocidas del algodónero. *Ciencia e Investigación*, 13(1), 34–41. <https://doi.org/10.15381/ci.v13i1.3186>
- Fuss, S. (2002). *Physiologie et pathologie digestives du cobaye domestique Cavia porcellus* [Université de Toulouse]. https://oatao.univ-toulouse.fr/980/1/debouch_980.pdf
- Geta, T., Nigatu, L., & Animut, G. (2014). Evaluation of potential yield and chemical composition of selected indigenous multi-purpose fodder trees in three districts of Wolayta zone, Southern Ethiopia. *World Applied Sciences Journal*, 31(3), 399–405. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.31.03.2023>
- Ghoms, M. O. S., Enow, J. T., Tientcheu, B. L., Enamou, G., Chouengouong, T. M., Mongo, B. G., & Bayemi, P. H. (2017). Effect of *Moringa oleifera* Leaf Meal (Molm) on the Growth, Carcass, Hematology and Biochemical Parameters of Rabbits. *SOJ Veterinary Sciences*, 3(3), 1–5. <https://doi.org/10.15226/2381-2907/3/3/00133>
- Guevara, J., Díaz, P., Bravo, N., Vera, M., Crisóstomo, O., Barbachán, H., & Huamán, D. (2013). Use flour pajuro (*Erythrina edulis*) as food supplement in guinea pig – Lima. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(2), 21–28. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/download/6590/5859/>
- Henning, S. J., & Hird, F. J. R. (1970). Concentrations and metabolism of volatile fatty acids in the fermentative organs of two species of kangaroo and the guinea-pig. *British Journal of Nutrition*, 24(1), 145–155. <https://doi.org/10.1079/bjn19700017>
- Henschel, M. J. (1973). Comparison of the development of proteolytic activity in the abomasum of the preruminant calf with that in the stomach of the young rabbit and

- guinea-pig. *British Journal of Nutrition*, 30(2), 285–296.
<https://doi.org/10.1079/bjn19730034>
- Hernández, J., Castillo, M., Garay, V., Mora, A., Caamaño, J., & Urbina, A. (2011). Efecto de la harina de chachafruto (*Erythrina edulis* triana ex micheli) como suplemento en la alimentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Agricultura Andina*, 18, 12–28.
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39300/art2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huamaní, G., Zea, O., Gutiérrez, G., & Vílchez, C. (2016). Effect of three feeding systems on productive performance and on carcass fatty acid profile in guinea pigs. *Rev Inv Vet Perú*, 27(3), 486–494. <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i3.12004>
- Ibrahim, M. A., Holmann, F., Hernández, M., & Camero, A. (2000). Contribution of Erythrina protein banks and rejected bananas for improving cattle production in the humid tropics. *Agroforestry Systems*, 49(3), 245–254.
<https://doi.org/10.1023/A:1006379427315>
- Inciarte, I., Perez, A., Hernández, E., Sandoval, C., Otárola-Luna, F., Márquez, M., & Páez-Rondón, O. (2015). Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Mérida, Venezuela. *Revista Electrónica Conocimiento Libre y Licenciamiento*, 9, 140–153. 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
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. In *Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario*. <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Principales Resultados, Pequeñas, Medianas y Grandes Unidades Agropecuarias*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib159

3/

- Kampemba, F. M., Tshibangu, I. M., Nyongombe, N. U., & Hornick, J. L. (2017). Palatability of nine fodders species used by guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Tropical Animal Health and Production*, 49(8), 1733–1739. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1386-5>
- Kararli, T. T. (1995). Comparison of the gastrointestinal anatomy, physiology, and biochemistry of humans and commonly used laboratory animals. *Biopharmaceutics & Drug Disposition*, 16(5), 351–380. <https://doi.org/10.1002/bdd.2510160502>.
- Kass, D. L. (1994). Erythrina species - Pantropical multipurpose tree legumes. In R. C. Gutteridge & H. M. Shelton (Eds.), *Forage tree legumes in tropical agriculture* (pp. 84–96). Tropical Grassland Society of Australia Inc. [https://www.betuco.be/coverfodder/Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture](https://www.betuco.be/coverfodder/Forage%20Tree%20Legumes%20in%20Tropical%20Agriculture%20FAO.pdf) FAO.pdf
- Kawasaki, K., Min, X., Li, X., Hasegawa, E., & Sakaguchi, E. (2015). Transfer of blood urea nitrogen to cecal microbial nitrogen is increased by fructo-oligosaccharide feeding in guinea pigs. *Animal Science Journal*, 86(1), 77–82. <https://doi.org/10.1111/asj.12238>
- Kawasaki, K., Min, X., Nishiyama, A., & Sakaguchi, E. (2013). Effect of fructo-oligosaccharide on nitrogen utilization in guinea pigs. *Animal Science Journal*, 84(4), 328–333. <https://doi.org/10.1111/asj.12009>
- Kongmanila, D., Bertilsson, J., Ledin, I., & Wredle, E. (2012). Effect of feeding different levels of foliage from *Erythrina variegata* on the performance of growing goats. *Tropical Animal Health and Production*, 44(7), 1659–1665. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0121-5>
- Kongmanila, D., & Ledin, I. (2009). Chemical composition of some tropical foliage species and their intake and digestibility by goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(6), 803–811. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80589>
- Kumar, R., & Vaithyanathan, S. (1990). Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 30(1–2), 21–38. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(90\)90049-E](https://doi.org/10.1016/0377-8401(90)90049-E)

- Larbi, A., Kurdi, O. I., Said, A. N., & Hanson, J. (1996). Classification of *Erythrina provenances* by rumen degradation characteristics of dry matter and nitrogen. *Agroforestry Systems*, 33(2), 153–163. <https://doi.org/10.1007/BF00213647>
- Larbi, A., Thomas, D., & Hanson, J. (1993). Forage potential of *Erythrina abyssinica*: intake, digestibility and growth rates for stall-fed sheep and goats in southern Ethiopia. *Agroforestry Systems*, 21(3), 263–270. <https://doi.org/10.1007/BF00705245>
- López-Herrera, M., & Briceño-Arguedas, E. (2017). Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutrición Animal Tropical*, 11(1), 52. <https://doi.org/10.15517/nat.v11i1.29605>
- López, S., Guevara, H., Duchi, N., & Moreno, G. (2018). Evaluation of Two “in vitro” Digestibility Tests with the “in vivo” Test of Alfalfa (*Medicago sativa*) in Guinea Pig (*Cavia porcellus*) Feeding. *European Scientific Journal*, ESJ, 14(6), 399–404. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n6p399>
- Lozano, C. E., & Zapater, M. A. (2010). El género *Erythrina* (Leguminosae) en Argentina. *Darwiniana*, 48(2), 179–200. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=66919229005&cid=23475>
- Luckert, C., Braeuning, A., Lampen, A., & Hessel-Pras, S. (2018). PXR: Structure-specific activation by hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids. *Chemico-Biological Interactions*, 288(2), 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2018.04.017>
- Macancela-Urdiales, W. G., Soca-Pérez, M., & Sánchez-Santana, T. (2019). Productive indicators in *Cavia porcellus*, fed five forage species in the Austro region of Ecuador. *Pastos y Forrajes*, 42(4), 262–267. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n4/2078-8452-pyf-42-04-262.pdf>
- Merchant, H. A., McConnell, E. L., Liu, F., Ramaswamy, C., Kulkarni, R., Basit, A. W., & Murdan, S. (2011). Assessment of gastrointestinal pH, fluid and lymphoid tissue in the guinea pig, rabbit and pig, and implications for their use in drug development. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 42(1–2), 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2010.09.019>
- Mertens, D. R. (1997). Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy

- Cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463–1481.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Meza-Bone, G. A., Sánchez-Laiño, A. R., Meza-Bone, M. A., Meza-Bone, C. J., Franco-Suescum, N. G., Avellaneda-Cevallos, J. H., Barrera-Álvarez, A., Elizabeth, Cabrera-Verdezoto, R. P., Vera Avilés, D. F., & Liuba-Delfini, G. A. (2012). Tropical shrub forage in vivo digestibility for guinea pigs feeding (*Cavia porcellus* Linnaeus), in the Ecuadorian Littoral. *Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 8–16.
<http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n2a01.pdf>
- Meza, C. J., Cabrera, R. P., Morán, J. J., Cabrera, C. A., Mieles, E. M., & Meza, G. A. (2018). Profitability and production of guinea pigs fed with forage shrubs tropical in rural area of Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(2), 1–7.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.231>
- Meza, G. A., Cabrera, R. P., Morán, J. J., Meza, F. F., Cabrera, A. C., Meza, C. J., Meza, J. S., Cabanilla, M. G., López, F. X., Pincay, J. L., Bohórquez, T., & Ortiz, J. (2014). Improved fattening guinea pig (*Cavia porcellus* L.) based on tropical forage grasses and shrubs in Quevedo, Ecuador. *IDESIA*, 32(3), 75–80.
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v32n3/art10.pdf>
- Meza, G. A., Loor, N. J., Sánchez, A. R., Avellaneda, J. H., Meza, C. J., Vera, D. F., Cabanilla, M. G., Liuba, G. A., Meza, J. S., Meza, F. F., Ramírez, M. A., Moncayo, O. F., Cadena, D. L., Villamar, R. O., Díaz, E., Rizzo, L. M., Rodríguez, J. M., & López, F. X. (2014). 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*, 61(3), 258–269.
<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v61n3.46874>
- Mínguez, C., Calvo, A., Zeas, V. A., & Sánchez, D. (2019). A comparison of the growth performance, carcass traits, and behavior of guinea pigs reared in wire cages and floor pens for meat production. *Meat Science*, 152(6), 38–40.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.012>
- Mustafa, A. F., Chavarr, E. C., Mantilla, J. G., Mantilla, J. O., & Paredes, M. A. (2019). Effects of feeding flaxseed on performance, carcass trait, and meat fatty acid composition of Guinea pigs (*Cavia procellus*) under northern Peruvian condition.



- Tropical Animal Health and Production*, 51(8), 2611–2617.
<https://doi.org/10.1007/s11250-019-01977-0>
- Negash, L. (2002). *Erythrina brucei*: Propagation attributes, leaf nutrient concentration and impact on barley grain yield. *Agroforestry Systems*, 56(1), 39–46.
<https://doi.org/10.1023/A:1021182428083>
- Nehring, K., & Haenlein, G. F. . (1973). Feed evaluation and ration calculation based on net energy. *Journal of Animal Science*, 36(5), 949–964.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2527/jas1973.365949x>
- Nepomuceno, D., Carvalho, J. C., Carvalho, M. G., Duarte, R., & Catunda, F. (2013). Classes of secondary metabolites identified in three legume species. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(10), 700–705. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013001000002>
- Ngoula, F., Guemdjo, M., Kenfack, A., Tadondjou, C., Nouboudem, S., Ngoumtsop, H., Tsafack, B., Tegua, A., Kamtchouing, P., Galeotti, M., & Tchoumboue, J. (2017). Effects of heat stress on some reproductive parameters of male cavie (*Cavia porcellus*) and mitigation strategies using guava (*Psidium guajava*) leaves essential oil. *Journal of Thermal Biology*, 64(February), 67–72.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.01.001>
- Nieves, D., Schargel, I., Terán, O., González, C., Silva, L., & Ly, J. (2008). Estudios de procesos digestivos en conejos de engorde alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. Digestibilidad fecal. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 18(3), 271–277.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15366/15340>
- Njidda, A. A., Olatunji, E. ., & Raji, A. Y. (2012). Semi arid browse forages: Their antinutritive substances and in sacco neutral detergent fibre and organic matter degradability. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 1(6), 21–30.
<https://doi.org/10.9790/2380-0162130>
- NRC. (1995). Nutrient requirements of the guinea pig. In *Nutrient Requirements of Laboratory Animals*. (pp. 103–124). <https://doi.org/10.1086/419223>
- Ospina-Daza, L. A., Buitrago-Guillen, M. E., & Vargas-Sánchez, J. E. (2017).

- Identification and degradation of mimosine, a toxic compound in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Pastos y Forrajes*, 40(4), 257–264. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n4/pyf01417.pdf>
- Palakawong Na Ayudthaya, S., van der Oost, H., van der Oost, J., van Vliet, D. M., & Plugge, C. M. (2019). Microbial Diversity and Organic Acid Production of Guinea Pig Faecal Samples. *Current Microbiology*, 76(4), 425–434. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01630-x>
- Paredes-López, D., Robles-Huaynate, R., Córdova-Chumbes, O., & De la Cruz-Paucar, E. (2017). Effect of the Erythrina sp. leaves powder on biochemical profile, biological parameters and liver histopathology of *Cavia porcellus*. *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 297–304. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.01>
- Paredes, M., & Cerquín, M. (2021). Effects of threonine supplementation on productive performance, carcass and organ weights of fattening guinea pigs with mixed feeding. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(6), e21701. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.21701>
- Paredes, M., & Goicochea, E. (2021). Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro y almidón en el rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 32(1), e19495. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i1.19495>
- Pasupathi, K., Gopi, H., Babu, M., & Muthusamy, P. (2015). Growth performance of rabbits on tree leaves included complete extruder feed. *World's Veterinary Journal*, 6(1), 19–22. <https://doi.org/10.5455/wvj.20150449>
- Pérez Rojas, W. (2000). *Formulación y evaluación del follaje de Erythrina (Erythrina berteroana Urban) como sustituto parcial en raciones para pollos parrilleros* [Universidad Nacional de San Martín]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/105>
- Pinto, R., Gómez, H., Martínez, B., Hernández, A., Medina, F., Ortega, L., & Ramírez, L. (2004). Forage species utility in silvopastoral system in the valley central of Chiapas. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 8(2), 1–11.

- Quijano Pacheco, W. S., & Pozo Bautista, T. G. (2018). Harina de cacuay (*Erythrina berteroana*) en el rendimiento productivo de cuyes en engorde. Ayacucho. *Rev. Inv. UNSCH*, 26(1), 17–20. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.2018.1.53>
- Ramirez-Borda, Y., Cárdenas-Villanueva, L. A., Ramos De la Riva, V. A., & Gómez-Quispe, O. E. (2019). Serum concentration of aminotranferases in guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed diets based on pisonay (*Erythrina* sp). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(3), 1099–1108. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16604>
- Ramírez, J. ., Leonard, I., Kijora, C., & López, B. (2003). Efecto de la edad de rebrote y la época, en el comportamiento de la proteína bruta y la fibra, en el pasto *Brachiaria decumbens*. *Medicina Veterinaria*, 20(1), 1–4.
- Régnier, C., Bocage, B., Archimède, H., Noblet, J., & Renaudeau, D. (2013). Digestive utilization of tropical foliages of cassava, sweet potatoes, wild cocoyam and erythrina in Creole growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 180(1–4), 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.12.007>
- Régnier, C., Jaguelin, Y., Noblet, J., & Renaudeau, D. (2012). Ileal digestibility of amino acids of cassava, sweet potato, cocoyam and erythrina foliages fed to growing pigs. *Animal*, 6(4), 586–593. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001959>
- Resico, M. F. (2010). *Introducción a la Economía Social de Mercado*. Konrad-Adenauer-Stiftung.
- Reyes-Sánchez, N., Vivas, J., Aguilar, J., Hernández, J., & Caldera, N. (2018). Guinea pigs (*Cavia porcellus* L.) supplementation with fresh foliage of morera (*Morus alba*) and moringa moringa (*Moringa oleifera*). *Revista Científica*, 18(30), 7–13. <https://doi.org/10.5377/calera.v18i30.7733> email:
- Roa, M., & Muñoz, J. (2012). Evaluación de la degradabilidad in situ en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. *Revista MVZ Cordoba*, 17(1), 2900–2907. <https://doi.org/10.21897/rmvz.259>
- Rodríguez, R., González, N., Alonso, J., & Domínguez, M. (2014). Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista*

- Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4), 371–378.
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193033033011.pdf>
- Rodríguez, Y., Chongo, B., La O, O., Oramas, A., Scull, I., & Achang, G. (2004). Tamizaje fitoquímico de *Erythrina mysorensis* y determinación de su potencial nutritivo mediante la técnica de producción de gas in vitro . Estudio preliminar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 3(2), 161–166.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017901008>
- Roter, E., Trejo, W., & Palacios, G. (2018). Evaluación del tamaño de lote en la crianza comercial de cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento. *Anales Científicos*, 79(1), 126–129. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1148>
- Sakaguchi, E., Becker, G., Rechkemmer, G., & Engelhardt, W. v. (1985). Volume , solute concentrations and production of short-chain fatty acids in the caecum and upper colon of the guinea pig. *Z. Tierfisiol. Tierernährg. Futtermittelkde*, 54(5), 276–285.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1985.tb01541.x>
- Sakaguchi, E., Becker, G., Rechkemmer, G., & Engelhardt, W. (1986). Retention of digesta in the gastrointestinal tract of the guinea pig. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 55(1–5), 44–50. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1986.tb00699.x>
- Sakaguchi, E., Itoh, H., Kohno, T., Ohshima, S., & Mizutani, K. (1997). Fiber digestion and weight gain in guinea pigs fed diets containing different fiber sources. *Exp Anim*, 46(4), 297–302. <https://doi.org/10.1538/expanim.46.297>
- Sakaguchi, Ei, Itoh, H., Uchida, S., & Horigome, T. (1987). Comparison of fibre digestion and digesta retention time between rabbits, guinea-pigs, rats and hamsters. *British Journal of Nutrition*, 58(1), 149–158. <https://doi.org/10.1079/BJN19870078>
- Sakat, S. S., & Juvekar, A. R. (2010). Comparative study of *Erythrina indica* Lam. (Fabaceae) leaves extracts for antioxidant activity. *Journal of Young Pharmacists*, 2(1), 63–67. <https://doi.org/10.4103/0975-1483.62216>
- Salam, A., & Rajion, M. A. (1997). Dietary factors affecting entero-hepatic function of ruminants in the tropics. *Animal Feed Science and Technology*, 69(1–3), 79–90.
[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)81624-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)81624-0)

- Sánchez-Laiño, A., Torres-Navarrete, E. D., Buste-Castro, F., Barrera-Álvarez, A., & Sánchez-Torres, J. (2018). Tropical forages as a dietary alternative in fattening rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.). *Acta Agronomica*, 67(2), 333–339. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.59220>
- Sánchez-Macías, D., Barba-Maggi, L., Morales-delaNuez, A., & Palmay-Paredes, J. (2018). Guinea pig for meat production: A systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Science*, 143(May), 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.004>
- Sánchez, A., & Faria, J. (2008). Efecto de la edad de la planta en el contenido de nutrientes y digestibilidad de *Leucaena leucocephala* Alexander. *Zootecnia Trop.*, 26(2), 133–139. <http://www.bioline.org.br/pdf?zt08017>
- Sánchez, A., Torres, E., Espinoza, Í., Sánchez, J., Sánchez, N., & Torres, B. (2017). Tropical shrub forage in guinea pig fattening (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(3), 244–249. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413710>
- Sánchez, A., Zambrano, D., Torres, E., & Meza, G. (2012). Mature tropical feed banana (*Musa paradisiaca*) in the guinea pig farming (*Cavia porcellus* L.) in the canton Quevedo. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 2, 287–290.
- Sarria, J. A., Vergara, V., Cantaro, J. L., & Rojas, P. A. (2019). Evaluación de niveles de energía digestible en dos sistemas de alimentación en la respuesta productiva y reproductiva de cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(4), 1515–1526. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17173>
- Savón, L., Gutiérrez, O., Ojeda, F., & Scull, I. (2005). Tropical foliage meals: a potential alternative for feeding monogastric species. *Pastos y Forrajes*, 28(1), 69–79. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121628006>
- Schleier, R., Quirino, C. S., & Rahme, S. (2016). Erythrina mulungu: descrição botânica e indicações clínicas a partir da antroposofia TT - *Erythrina mulungu*: Botanical description and clinical indications from anthroposophy. *Arte Med. Ampl*, 36(4), 162–167. <http://abmanacional.com.br/wp-content/uploads/2017/06/36-4-Erythrina-mulungu1.pdf%0Ahttp://fi-admin.bvsalud.org/document/view/c5hb6>

- Schöpfer, H., Klaus, T., Palme, R., Ruf, T., & Huber, S. (2012). Sex-specific impact of prenatal stress on growth and reproductive parameters of guinea pigs. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 182(8), 1117–1127. <https://doi.org/10.1007/s00360-012-0680-9>
- Singh, S., Anele, U. Y., Edmunds, B., & Südekum, K. H. (2014). In vitro ruminal dry matter degradability, microbial efficiency, short chain fatty acids, carbohydrate and protein fractionation of tropical grass-multipurpose tree species diets. *Livestock Science*, 160(1), 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.018>
- Solarte, A. (1989). Development of feeding systems for rabbits and guinea pigs, based on sugar cane juice and tree foliages. *Livestock Research for Rural Development*, 1(1). <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd1/1/solarte.htm>.
- Söling, H. D., Wilims, B., Kleineke, J., & Gehlhoff, M. (1970). Regulation of Gluconeogenesis in the Guinea Pig Liver. *European Journal of Biochemistry*, 16(2), 289–302. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1970.tb01084.x>
- Sotelo, A., Contreras, C., Norabuena, E., Castañeda, R., Van Heurck, M., & Bullón, L. (2016). Digestibility and digestible energy of five tropical forage tree legumes. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82(3), 306–314. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i3.84>
- Sotelo, A., Valenzuela, R., Césare, M. F., Alegría, C., Norabuena, E., Gonzáles, T., Paitan, E., Valderrama, M. T., & Echevarría, M. (2020). Determination of digestibility and digestible energy of dry velvet (*Mucuna pruriens*) forage in guinea pigs. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 31(1), 1–10. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17537>
- Stan, F. G. (2018a). A Comparison Between the Macroscopic Anatomy of the Cecum in Laboratory Rat and Guinea Pig. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, 75(1), 131. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:002817>
- Stan, F. G. (2018b). Comparative macroscopic anatomy of the stomach morphology in laboratory rat and guinea pig. *LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE MEDICINĂ VETERINARĂ*, 51(1), 120–124. <https://www.usab-tm.ro/utilizatori/medicinaveterinara/Volum LI>

(1) 2018(1).pdf

- Tijani, L. A., Akanji, A. M., Agbalaya, K., & Onigemo, M. (2016). Comparative Effects of Graded Levels of Moringa Leaf Meal on Haematological and Serum Biochemical Profile of Broiler Chickens. *Journal of Agricultural Sciences*, 11(3), 137. <https://doi.org/10.4038/jas.v11i3.8167>
- Trejo-Sánchez, F., Mendoza-Martínez, G., Plata-Pérez, F., Martínez-García, J., & Villarreal-Espino-Barros, O. A. (2019). Crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con alimento para conejos y suplementación de vitamina C. *Revista MVZ Cordoba*, 24(3), 7286–7290. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1384>
- Valarezo, J., & Ochoa, D. (2013). Performance and nutritional assessment of shrub forage species in the south of the Ecuadorian Amazon. *Revista Cedamaz*, 3(1), 113–124.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Velásquez, L. F., Montoya, D. F., Jiménez, Á. A., Murillo, W., & Méndez, J. J. (2019). *Género Erythrina: Actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico*. Sello Editorial Universidad del Tolima. https://www.researchgate.net/publication/335704326_Genero_Erythrina_Actualidad_en_la_investigacion_y_perspectivas_de_desarrollo_cientifico
- Verdecia, D. M., Herrera, R. S., Ramírez, J. ., Acosta, I. L., Bodas, R., Lorente, S. A., Giráldez, F. J., Gonzáles, J. S., Arceo, Y., Bazán, Y., Álvarez, Y., & López, S. (2014). Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 18(3), 75–90. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83732353007>
- Verdecia, D. M., Herrera, R. S., Ramírez, J. L., Paumier, M., Bodas, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., Valdés, C., Arceo, Y., Álvarez, Y., Méndez-Martínez, Y., & López, S. (2020). *Erythrina variegata* quality in the Cauto Valley, Cuba. *Agroforestry Systems*, 94(4), 1209–1218. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00353-z>
- Vidaurre, Y., Vergara, V., Remigio, R., & Valverde, N. (2020). *Agroindustrial Science*



- systems. *Agroindustrial Science*, 10(1), 43–47.
<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.06>
- Witkowska, A., Price, J., Hugues, C., Smith, D., White, K., Alibhai, A., & Rutland, C. S. (2017). The effects of diet on anatomy, physiology and health in the Guinea Pig. *J Anim Health Behav Sci*, 1(1), 103. <https://www.hilarispublisher.com/open-access/the-effects-of-diet-on-anatomy-physiology-and-health-in-the-guinea-pig.pdf>
- Yamada, G., Bazán, V., & Fuentes, N. (2019). Comparison of productive parameters of two Guinea pig meat lines in the central coast of Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 30(1), 240–246. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15678>
- Yinnesu, A., & Nurfeta, A. (2012). Effects of supplementing *Erythrina brucei* leaf as a substitute for cotton seed meal on growth performance and carcass characteristics of Sidama goats fed basal diet of natural grass hay. *Tropical Animal Health and Production*, 44(3), 445–451. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9916-z>
- Yu, B., Chiou, P. W. S., & Kuo, C. Y. (2000). Comparison of Digestive Function among Rabbits, Guinea-Pigs, Rats and Hamsters. II. Digestive Enzymes and Hindgut Fermentation. In *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* (Vol. 13, Issue 11, pp. 1508–1513). <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.1508>



ANEXOS

Anexo 1. Datos y análisis estadístico de la harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

Tabla 14

Composición nutricional de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 4 meses de edad de rebrote

Indicador	R1	R2	R3	R4	R5	\bar{X}
MS, %	92.06	92.24	92.36	92.96	92.66	92.456
PT, % MS	21.02	21.32	19.03	25.36	24.41	22.228
EE, % MS	1.19	1.20	1.25	0.96	1.13	1.146
CZS, % MS	9.10	9.51	9.53	8.81	8.71	9.132
FDN, % MS	46.61	47.41	44.24	46.29	46.87	46.284
FDA, % MS	31.19	29.73	28.7	28.88	28.95	29.490
FC, % MS	25.46	23.19	23.23	27.03	27.01	25.184
ELN, % MS	43.23	44.78	46.96	37.84	38.74	42.310
CNF, % MS	22.08	20.56	25.95	18.58	18.88	21.210
ET, Mcal/kg MS	4.277	4.248	4.212	4.361	4.358	4.291
ET, Mcal/kg MS*	4.437	4.433	4.372	4.507	4.509	4.452

R1 a R5, repeticiones. \bar{X} , promedio.

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 15

Composición nutricional de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 8 meses de edad de rebrote

Indicador	R1	R2	R3	R4	R5	\bar{X}
MS, %	92.76	92.72	92.44	92.41	92.23	92.512
PT, % MS	21.42	20.97	20.9	23.43	22.35	21.814
EE, % MS	1.31	1.20	1.22	0.87	0.98	1.116
CZS, % MS	8.64	11.13	11.22	7.91	7.85	9.350
FDN, % MS	46.13	45.57	46.23	48.46	47.26	46.730
FDA, % MS	27.92	28.04	30.15	30.73	30.64	29.496
FC, % MS	22.67	24.18	23.36	28.08	25.79	24.816
ELN, % MS	45.96	42.52	43.30	39.71	43.03	42.904
CNF, % MS	22.50	21.13	20.43	19.33	21.56	20.990
ET, Mcal/kg MS	4.287	4.185	4.175	4.368	4.340	4.271
ET, Mcal/kg MS*	4.466	4.347	4.349	4.523	4.504	4.438

R1 a R5, repeticiones. \bar{X} , promedio.

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 16

Composición nutricional de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 12 meses de edad de rebrote

Indicador	R1	R2	R3	R4	R5	\bar{X}
MS, %	92.12	92.33	92.25	92.02	93.53	92.450
PT, % MS	19.52	20.05	19.63	22.77	21.62	20.718
EE, % MS	1.72	1.73	1.65	0.83	0.90	1.366
CZS, % MS	9.88	9.64	9.48	8.23	8.21	9.088
FDN, % MS	43.83	41.5	43.19	46.85	48.57	44.788
FDA, % MS	27.84	25.66	27.25	29.67	30.32	28.148
FC, % MS	22.40	22.19	22.61	29.70	27.77	24.934
ELN, % MS	46.48	46.39	46.63	38.47	41.50	43.894
CNF, % MS	25.05	27.08	26.05	21.32	20.70	24.040
ET, Mcal/kg MS	4.226	4.243	4.241	4.354	4.324	4.278
ET, Mcal/kg MS*	4.388	4.390	4.398	4.484	4.482	4.428

R1 a R5, repeticiones. \bar{X} , promedio.

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 17

Composición nutricional de harina de maíz

Indicador	R1	R2	R3	\bar{X}
MS, %	89.93	89.35	88.69	89.323
PC, % MS	10.22	11.19	10.23	10.547
EE, % MS	2.33	2.49	2.77	2.530
CZS, % MS	1.29	1.42	1.29	1.333
FDN, % MS	11.23	10.77	9.96	10.653
FDA, % MS	2.92	3.05	2.69	2.887
FC, % MS	2.06	2.16	1.92	2.047
ELN, % MS	84.10	82.74	83.79	83.543
CNF, % MS	74.93	74.13	75.75	74.937

R1 a R3, repeticiones. \bar{X} , promedio.

Tabla 18

Composición nutricional calculada de la mezcla alimenticia

Indicador	HP-64.00%	HP-66.35%	HP-73.50%
MS, %	91.32	91.43	91.62
PC, % MS	18.02	18.02	18.02
EE, % MS	1.64	1.59	1.67
CZS, % MS	6.32	6.65	7.03
FDN, % MS	33.46	34.59	35.74
FDA, % MS	19.91	20.54	21.45
FC, % MS	16.86	17.15	18.86
ELN, % MS	57.15	56.58	54.40
CNF, % MS	40.55	39.14	37.52
ET, Mcal/kg MS	4.297	4.283	4.286
ET, Mcal/kg MS*	4.423	4.416	4.414

HP, harina de pisonay.

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 19

Consumo de la mezcla alimenticia, 64.00% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 4 meses de edad de rebrote

Cuy	Días	Alimento	Alimento	Consumo de
		ofrecido en BH, g	rechazado en BH, g	alimento en BH, g
A	1	81.09	7.13	73.96
	2	86.32	11.51	74.81
	3	85.62	8.69	76.93
	4	85.83	10.36	75.47
	5	85.62	11.76	73.86
	6	85.37	12.99	72.38
	7	85.81	13.86	71.95
B	1	82.45	6.41	76.04
	2	86.44	8.83	77.61
	3	85.66	8.64	77.02
	4	85.26	9.71	75.55
	5	85.22	6.84	78.38
	6	85.56	10.57	74.99
	7	85.73	12.84	72.89
C	1	82.46	8.21	74.25
	2	86.71	14.19	72.52
	3	85.26	12.68	72.58
	4	85.31	10.81	74.50
	5	85.58	13.72	71.86
	6	85.09	12.08	73.01
	7	85.83	13.86	71.97

BH, base húmeda

Tabla 20

Consumo de la mezcla alimenticia, 66.35% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 8 meses de edad de rebrote

Cuy	Días	Alimento		Consumo de alimento en BH, g
		ofrecido en BH, g	rechazado en BH, g	
A	1	90.94	16.80	74.14
	2	87.43	13.58	73.85
	3	87.79	10.84	76.95
	4	87.80	13.28	74.52
	5	87.72	12.66	75.06
	6	89.79	17.48	72.31
	7	88.09	16.46	71.63
B	1	87.92	11.64	76.28
	2	85.28	14.54	70.74
	3	85.22	13.29	71.93
	4	85.57	10.50	75.07
	5	85.57	12.32	73.25
	6	89.92	21.12	68.80
	7	85.80	14.82	70.98
C	1	85.98	16.82	69.16
	2	85.64	17.66	67.98
	3	85.51	11.78	73.73
	4	85.36	10.13	75.23
	5	85.27	14.99	70.28
	6	90.10	25.08	65.02
	7	87.23	17.68	69.55

BH, base húmeda

Tabla 21

Consumo de la mezcla alimenticia, 73.50% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 12 meses de edad de rebrote

Cuy	Días	Alimento	Alimento	Consumo de
		ofrecido en BH, g	rechazado en BH, g	alimento en BH, g
A	1	90.60	12.73	77.87
	2	91.77	15.92	75.85
	3	92.80	14.91	77.89
	4	91.42	18.17	73.25
	5	91.17	15.19	75.98
	6	91.78	14.45	77.33
	7	91.55	12.68	78.87
B	1	87.48	15.71	71.77
	2	88.67	14.74	73.93
	3	90.81	19.98	70.83
	4	88.46	16.52	71.94
	5	89.19	14.69	74.50
	6	88.71	15.78	72.93
	7	90.44	11.96	78.48
C	1	88.72	18.96	69.76
	2	89.05	21.45	67.60
	3	90.42	21.92	68.50
	4	89.37	16.81	72.56
	5	90.19	23.06	67.13
	6	88.34	15.32	73.02
	7	91.21	17.85	73.36

BH, base húmeda

Tabla 22

Composición nutricional de las heces, 64.00% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 4 meses de edad de rebrote

Indicador	Cuy A	Cuy B	Cuy C
MS, %	94.89	95.15	93.73
PC, % MS	10.75	15.77	14.44
EE, % MS	2.92	2.45	2.89
CZS, % MS	8.76	8.94	8.91
FDN, % MS	51.44	49.45	50.21
FDA, % MS	38.97	37.86	39.92
FC, % MS	31.80	31.96	32.01
ELN, % MS	45.79	40.89	41.76
CNF, % MS	26.15	23.41	23.56
ET, Mcal/kg MS	4.259	4.313	4.316
ET, Mcal/kg MS*	4.409	4.445	4.454

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 23

Composición nutricional de las heces, 66.35% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 8 meses de edad de rebrote

Indicador	Cuy A	Cuy B	Cuy C
MS, %	95.32	95.21	93.49
PC, % MS	14.78	14.71	14.96
EE, % MS	2.87	2.03	1.58
CZS, % MS	7.59	7.43	7.13
FDN, % MS	55.16	52.38	53.59
FDA, % MS	42.86	41.73	41.86
FC, % MS	35.59	34.82	33.55
ELN, % MS	39.18	41.03	42.79
CNF, % MS	19.61	23.47	22.76
ET, Mcal/kg MS	4.401	4.354	4.337
ET, Mcal/kg MS*	4.550	4.488	4.489

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 24

Composición nutricional de las heces, 73.50% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 12 meses de edad de rebrote

Indicador	Cuy A	Cuy B	Cuy C
MS, %	95.70	95.40	95.52
PC, % MS	17.23	19.49	16.82
EE, % MS	2.94	2.82	2.07
CZS, % MS	8.10	7.74	7.63
FDN, % MS	51.49	52.01	53.39
FDA, % MS	40.06	41.49	42.19
FC, % MS	35.92	30.88	32.35
ELN, % MS	35.82	39.09	41.15
CNF, % MS	20.25	17.96	20.11
ET, Mcal/kg MS	4.428	4.436	4.365
ET, Mcal/kg MS*	4.546	4.597	4.525

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 25

*Variables de medición realizadas en la mezcla alimenticia, 64.00% de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de 4 meses de edad de rebrote*

Variables de medición	CUYES		
	A	B	C
Peso vivo, g	1154.84	940.00	968.04
Consumo del alimento en BH, g/d	74.1943	76.0686	72.9557
Materia seca del alimento, %	91.3282	91.3282	91.3282
Excreción de heces frescas, g/d	39.0171	47.5629	40.2871
Materia seca de las heces, %	84.4454	74.9135	82.0974
Materia seca consumida, g/d	67.7603	69.4720	66.6291
Materia seca excretada, g/d	32.9481	35.6309	33.0746

BH, base húmeda

Tabla 26

*Variables de medición realizadas en la mezcla alimenticia, 66.35% de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de 8 meses de edad de rebrote*

Variables de medición	CUYES		
	A	B	C
Peso vivo, g	1152.11	944.74	980.71
Consumo del alimento en BH, g/d	74.0657	72.4357	70.1357
Materia seca del alimento, %	91.4390	91.4390	91.4390
Excreción de heces frescas, g/d	43.3114	49.6657	40.0486
Materia seca de las heces, %	78.0529	71.1471	78.9648
Materia seca consumida, g/d	67.7250	66.2345	64.1314
Materia seca excretada, g/d	33.8058	35.3357	31.6243

BH, base húmeda

Tabla 27

*Variables de medición realizadas en la mezcla alimenticia, 73.50% de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de 12 meses de edad de rebrote*

Variables de medición	CUYES		
	A	B	C
Peso vivo, g	1146.37	926.59	973.83
Consumo del alimento en BH, g/d	76.7200	73.4829	70.2757
Materia seca del alimento, %	91.6214	91.6214	91.6214
Excreción de heces frescas, g/d	48.8529	53.9786	44.3686
Materia seca de las heces, %	76.7656	68.9019	78.3996
Materia seca consumida, g/d	70.2920	67.3260	64.3876
Materia seca excretada, g/d	37.5022	37.1922	34.7848

BH, base húmeda

Tabla 28

Coefficiente de digestibilidad aparente (%), 64.00% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 4 meses de edad de rebrote

Indicador	Cuy A	Cuy B	Cuy C	\bar{X}
MS	51.38	48.71	50.36	50.149
PC	71.01	55.12	60.23	62.120
EE	13.80	23.73	12.75	16.760
CZS	32.69	27.54	30.07	30.099
FDN	25.25	24.20	25.51	24.987
ELN	61.05	63.31	63.73	62.696
CNF	68.64	70.40	71.17	70.069
ED, Mcal/kg MS	2.047	1.704	1.873	1.875
ED, Mcal/kg MS*	2.178	1.845	2.014	2.012

\bar{X} , promedio.

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 29

Coefficiente de digestibilidad aparente (%), 66.35% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 8 meses de edad de rebrote

Indicador	Cuy A	Cuy B	Cuy C	\bar{X}
MS	50.08	46.65	50.69	49.141
PC	59.06	56.47	59.08	58.206
EE	10.00	31.96	51.05	31.007
CZS	43.09	40.45	47.19	43.575
FDN	20.40	19.22	23.61	21.077
ELN	65.43	61.32	62.71	63.152
CNF	75.00	68.02	71.33	71.451
ED, Mcal/kg MS	1.794	1.507	1.926	1.742
ED, Mcal/kg MS*	1.926	1.571	1.988	1.828

\bar{X} , promedio.

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 30

Coefficiente de digestibilidad aparente (%), 73.50% de harina de pisonay (Erythrina edulis) de 12 meses de edad de rebrote

Indicador	Cuy A	Cuy B	Cuy C	\bar{X}
MS	46.65	44.76	45.98	45.794
PC	48.99	40.28	49.60	46.289
EE	6.48	6.97	33.38	15.609
CZS	38.55	39.24	41.43	39.742
FDN	23.15	19.62	19.31	20.694
ELN	64.87	60.31	59.14	61.441
CNF	71.21	73.57	71.05	71.944
ED, Mcal/kg MS	1.669	1.506	1.677	1.617
ED, kcal/kg MS*	1.790	1.579	1.754	1.708

\bar{X} , promedio.

* Se consideró FDN y CNF

Tabla 31

Resumen estadístico para ganancia de peso diario (g/animal/día)

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Mínimo	Máximo
CA20	12	11.0967	2.79274	25.1673	4.67857	14.1071
4M10	12	12.2753	1.42858	11.6379	9.41071	14.5893
4M20	12	11.7574	2.43206	20.6853	8.87500	16.625
4M30	12	11.5506	1.11896	9.68749	10.1607	13.9286
8M10	12	12.4568	2.16920	17.4137	9.10714	15.5000
8M20	12	11.8065	1.64585	13.9402	9.48214	15.8393
8M30	12	11.0714	2.10866	19.0459	7.32143	14.3214
12M10	12	11.5179	1.44224	12.5218	8.23214	13.8929
12M20	12	11.1771	1.50958	13.5061	8.60714	13.7143
12M30	12	11.8467	1.65862	14.0006	8.44643	14.1786
Total	120	11.6557	1.87835	16.1154	4.67857	16.6250

Tabla 32

Análisis de Varianza para ganancia de peso diario (g/animal/día) por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	24.0993	9	2.6777	0.74	0.6676
Intra grupos	395.757	110	3.59779		
Total (Corr.)	419.856	119			

Tabla 33

Efecto de la edad de rebrote (meses) en la ganancia de peso diario (g/animal/día)

Efecto	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Mínimo	Máximo
4 meses	30	11.8611	1.72900	14.5771	8.87500	16.62500
8 meses	30	11.7783	2.01422	17.1012	7.32143	15.83929
12 meses	30	11.5139	1.52034	13.2044	8.23214	14.17857
Total	90	11.7178	1.75589	14.9849	7.32143	16.62500

Tabla 34

Efecto de la inclusión de harina de pisonay (Erythrina edulis) en la ganancia de peso diario (g/animal/día)

Efecto	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Mínimo	Máximo
10	30	12.0833	1.71584	14.2000	8.23214	15.50000
20	30	11.5804	1.87365	16.1796	8.60714	16.62500
30	30	11.4896	1.66148	14.4608	7.32143	14.32143
Total	90	11.7178	1.75589	14.9849	7.32143	16.62500

Tabla 35

Análisis de varianza para ganancia de peso diario (g/animal/día), según efectos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Edad	2.3679	2	1.18395	0.38	0.6861
B:Inclusion	7.36517	2	3.68258	1.18	0.3127
INTERACCIONES					
AB	10.2009	4	2.55023	0.81	0.5189
RESIDUOS	309.963	99	3.13094		
TOTAL (CORREGIDO)	329.897	107			

Tabla 36

Peso vivo final y peso de carcasa por tratamiento

Tratamiento	Recuento	Peso Vivo Final (kg)	Rendimiento de Carcasa (%)	Peso Final de la Carcasa (kg)
CA20	12	1091.4167	71.1866	0.7786
4M10	12	1044.3333	71.8011	0.7490
4M20	12	1021.7500	73.5817	0.7521
4M30	12	1021.0000	71.0121	0.7254
8M10	12	1067.6667	72.1454	0.7695
8M20	12	1060.4167	71.5247	0.7588
8M30	12	995.2500	69.9078	0.6967
12M10	12	1035.8333	71.0975	0.7367
12M20	12	1067.8333	72.3158	0.7726
12M30	12	1082.9167	71.0256	0.7699
Total	120	1048.8417	71.5598	0.7509

Tabla 37

Consumo de alimento según tratamiento

Tratamiento	Recuento	Consumo de alimento total en BH, kg	Consumo de alimento por cuy en BH, kg
CA20	12	42.615	3.5513
4M10	12	41.207	3.4339
4M20	12	40.090	3.3408
4M30	12	41.606	3.4672
8M10	12	40.422	3.3685
8M20	12	42.882	3.5735
8M30	12	38.814	3.2345
12M10	12	42.910	3.5758
12M20	12	42.694	3.5578
12M30	12	44.351	3.6959
Total	120	417.591	3.4799

BH, base húmeda.

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 5. Sector de Mosoccpampa, Tamburco



Figura 6. Infraestructura para la crianza de cuyes



Figura 7. Árboles de pisonay (*Erythrina edulis*) destinados a forraje



Figura 8. Cosecha de árboles de pisonay (*Erythrina edulis*)



Figura 9. Secado de hojas y peciolo de pisonay (*Erythrina edulis*) bajo sombra



Figura 10. Proceso de molienda de hojas y peciolo



Figura 11. Elaboración de mezcla alimenticia



Figura 12. Jaulas metabólicas individuales



Figura 13. Pesaje de residuos de la mezcla alimenticia



Figura 14. Pesaje de las heces



Figura 15. Cuy en proceso de alimentación



Figura 16. Pesaje de los insumos alimenticios



Figura 17. Mezcla de los insumos alimenticios



Figura 18. Alimento integral etiquetado



Figura 19. Pesaje de residuos del alimento integral según tratamiento



Figura 20. Distribución de alimento integral según tratamiento



Figura 21. Consumo de alimento integral en comederos tipo tolva



Figura 22. Distribución de agua, previa limpieza del bebedero tipo campana



Figura 23. Pesaje de la carcasa fría