

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

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



“COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE PISONAY (*Erythrina* sp) DE  
DIFERENTE EDAD DE REBROTE CON PERSPECTIVAS EN LA ALIMENTACIÓN DE  
ANIMALES MONOGÁSTRICOS”

Presentado por:

Isaura Felix Collado

Para optar el Título Profesional de  
Médico Veterinario y Zootecnista

Abancay, Perú

2021



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



“TESIS”

“COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA HARINA DE PISONAY (*Erythrina* sp) DE  
DIFERENTE EDAD DE REBROTE CON PERSPECTIVAS EN LA ALIMENTACIÓN  
DE ANIMALES MONOGÁSTRICOS”

Presentado por **Isaura Felix Collado**, para optar el Título de:  
**Médico Veterinario y Zootecnista**

Sustentado y aprobado el 27 de julio de 2021 ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

*Dr. Nilton César Gómez Urviola*

**Primer Miembro:**

*M.Sc. Delmer Zea Gonzales*

**Segundo Miembro:**

*Dr. Ulises Sandro Quispe Gutiérrez*

**Asesor:**

*Mg.Sc. Ludwing Ángel Cárdenas Villanueva*



### **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.*

*De manera especial a mi tutor de tesis MVZ. Ludwing Ángel Cárdenas Villanueva, Mg.Sc., por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.*



## **Dedicatoria**

*Esta tesis está dedicada a mis padres Juan Pablo y Ana María quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.*

*A mis hermanos Keidy y Danilo por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.*



“Composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina* sp) de diferente edad de rebrote con perspectivas en la alimentación de animales monogástricos”

Ciencias veterinarias

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.2.3 Justificación de la investigación.....	5
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	6
2.1 Objetivos de la investigación.....	6
2.2.1 Objetivo general.....	6
2.2.2 Objetivos específicos.....	6
2.2 Hipótesis de la investigación.....	6
2.2.3 Hipótesis general.....	6
2.2.4 Hipótesis específicas.....	6
2.3 Operacionalización de variables.....	7
<b>CAPÍTULO III</b> .....	8
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	8
3.1 Antecedentes.....	8
3.2 Marco teórico.....	10
3.2.1 Características del género <i>Erythrina</i> .....	10
3.2.2 Producción de biomasa forrajera del género <i>Erythrina</i> .....	12
3.2.3 Composición nutricional del género <i>Erythrina</i> .....	13
3.2.3.1 Forraje fresco.....	13
3.2.3.2 Harina.....	15
3.2.4 Uso del forraje del género <i>Erythrina</i> en la alimentación de monogástricos.....	16
3.2.5 Determinación proximal de los alimentos.....	17
3.2.5.1 Humedad y materia seca.....	18
3.2.5.2 Proteína cruda o bruta.....	18
3.2.5.3 Fibra cruda.....	19
3.2.5.4 Extracto etéreo.....	19
3.2.5.5 Cenizas.....	20
3.2.5.6 Fibra detergente neutro.....	20
3.2.5.7 Fibra detergente ácido.....	21



3.2.6	Estimación de la energía bruta y digestible.....	21
3.3	Marco conceptual.....	21
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>23</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	.....	<b>23</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	23
4.2	Diseño de la investigación.....	23
4.3	Población y muestra.....	23
4.4	Procedimiento.....	24
4.5	Técnica e instrumentos.....	25
4.6	Análisis estadístico.....	28
<b>CAPÍTULO V</b>	.....	<b>29</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	.....	<b>29</b>
5.1	Análisis de resultados.....	29
5.1.1	Composición nutricional de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay).....	29
5.1.2	Estimación de la energía bruta y digestible de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay).....	29
5.1.3	Posibilidades de uso de harina de pisonay en la alimentación de monogástricos ..	30
5.2	Discusión.....	31
<b>CAPÍTULO VI</b>	.....	<b>36</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>36</b>
6.1	Conclusiones.....	36
6.2	Recomendaciones.....	36
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	.....	<b>37</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>44</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Variaciones en la proteína cruda (PC, %), fibra detergente neutro (FDN, %) y fibra detergente ácido (FDA, %) de siete especies de <i>Erythrina</i> .....	8
Tabla 2. Evaluación bromatológica del follaje y tallos tiernos proveniente de dos especies arbóreas.....	8
Tabla 3. Composición química de árboles forrajeros.....	9
Tabla 4. Taxonomía del género <i>Erythrina</i> .....	10
Tabla 5. Producción de biomasa de <i>Erythrina poeppigiana</i> establecida a 6 x 6 m (280 árboles/ha) bajo tres intervalos de corte .....	13
Tabla 6. Materia seca y proteína cruda en diferentes fracciones del follaje de <i>Erythrina poeppigiana</i> (3 meses de rebrote).....	14
Tabla 7. Fraccionamiento de la fibra en las harinas de follajes tropicales .....	15
Tabla 8. Requerimientos nutricionales en animales monogástricos.....	17
Tabla 9. Composición nutricional de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) según edad de rebrote (meses).....	29
Tabla 10. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) según edad de rebrote (meses) .....	30
Tabla 11. Composición nutricional de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) a los 4 meses de edad de rebrote .....	45
Tabla 12. Composición nutricional de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) a los 8 meses de edad de rebrote .....	45
Tabla 13. Composición nutricional de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) a los 12 meses de edad de rebrote.....	46
Tabla 14. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) a los 4 meses de edad de rebrote .....	46
Tabla 15. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) a los 8 meses de edad de rebrote .....	47
Tabla 16. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de <i>Erythrina</i> sp (pisonay) a los 12 meses de edad de rebrote .....	47



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Sector de Mosoccpampa, Tamburco, Abancay.....	23
Figura 2. Árboles destinados para la alimentación de animales.....	24
Figura 3. Árboles de pisonay en rebrote, ubicados como cerca viva .....	48
Figura 4. Proceso de cosecha del forraje de pisonay de 12 meses de edad de rebrote.....	48
Figura 5. Proceso de secado de las hojas y peciolo de pisonay bajo sombra .....	49
Figura 6. Picadora desintegradora de martillo para la molienda de forrajes.....	49



## INTRODUCCIÓN

Los recursos arbóreos locales son importantes para la conservación de la biodiversidad, los árboles y arbustos se usan en cercas vivas, en potreros como sombra, también se evidencia un sub-aprovechamiento de sus potenciales forrajeros en épocas críticas (1). Los ganaderos reconocen el follaje de especies arbóreas leguminosas como fuente importante de alimento para los animales, como complemento alimenticio, sobre todo cuando el forraje herbáceo escasea y baja su calidad nutricional (2), además de los tallos tiernos que los bovinos, ovinos y cabras la consumen de especies arbóreas que se usan para cercas, ramoneo y forraje (3).

Las hojas de *Erythrina brucei* pueden servir como fuente de proteína alternativa y usarse como un suplemento del heno pobre en cabras criadas por pequeños agricultores que no pueden permitirse comprar alimentos concentrados (4), 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 (5) y el uso de *Erythrina poeppigiana* en los sistemas silvopastoriles pueden ser una opción viable para los productores de lácteos en los trópicos (6). La composición nutricional del follaje de especies arbóreas leguminosas varían ampliamente en la proteína cruda (3 a 23%), fibra detergente neutra (32 a 61%) y digestibilidad de la materia orgánica (31 a 67%) que contribuye a su mejor empleo en la alimentación animal (7). La inclusión de alimentos no convencionales como harinas de arbustivas forrajeras en la dieta de cuyes con 18% de proteína y 2.5 Mcal/kg de energía digestible no modifican el comportamiento ni la calidad de la canal de los mismos (8) y con valores por encima del 20% de proteína cruda logran mejor desempeño en ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de la canal (9).

La composición nutricional de las hojas del pisonay como forraje fresco (base húmeda), en muestras provenientes del sector de Kerapata distrito de Tamburco, tuvo una materia seca de 25.39%, la proteína cruda 7.65%, fibra cruda 7.35%, grasa bruta 0.31% y ceniza 1.29% (10), en otros estudios, realizados en las hojas y peciolas, recolectadas de árboles utilizados para la alimentación animal, por los productores agropecuarios de Tamburco denotaron una variación de 24.8 a 31.7% para la materia seca, la proteína cruda tuvo un rango desde 20.1 a 23.5%, el extracto etéreo de 0.4 a 2.5%, la ceniza 8.6 a 11.6%. la fibra detergente neutro fue más estable en promedio fue 58.0% y la fibra detergente ácido desde 32.6 a 34.7% (11) (12) (13), en tal sentido, para lograr una alternativa forrajera no convencional e incrementar el uso por parte de los productores pecuarios, en tal sentido, se evaluó la composición nutricional de la harina de hojas y peciolas del pisonay, y su probable inclusión como insumo en la elaboración de alimento integral (14) como suplemento proteico para animales monogástricos.



## RESUMEN

En el valle interandino de Abancay se utiliza el follaje de árboles de *Erythrina sp* (pisonay) como en el sector de Mosoccpampa. Se planteó como objetivo determinar la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), ceniza, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA); estimar la energía bruta (EB) y energía digestible (ED) de la harina de pisonay a los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote y sus posibilidades de uso en la alimentación de monogástricos. Se tomaron por conveniencia 6 árboles de pisonay, normalmente utilizados y cosechados para la alimentación animal, las muestras estuvieron constituidas por hojas y peciolo que se sometieron al secado natural bajo sombra y posteriormente se procedió a moler el forraje seco a través de un molino de martillo para obtener la harina y posteriormente se realizó el análisis proximal de la harina de *Erythrina sp* (pisonay) para cada edad de rebrote (4, 8 y 12 meses) en tres repeticiones y a partir de estos datos se estimó la energía bruta y energía digestiva. Se determinó el intervalo de confianza ( $\alpha = 0.05$ ) para la media de cada valor nutricional, así como para la EB y ED. La MS en todos los casos fue 92%, la PC fue 20% a los 4 y 8 meses y a los 12 meses de edad de rebrote fue 19.7%, el EE se conservó entre 1 a 2%, la ceniza con rangos de 9 a 10%, la FC a los 4 meses de edad de rebrote estuvo entre 24.3 a 25.1%, para los 8 meses de edad de rebrote fue 23.0% y a los 12 meses de edad de rebrote fue 22.0%, la FDN fue 46.0% a los 4 y 8 meses y para los 12 meses de edad de rebrote fue 42.8% y la FDA a los 4 meses fue 30.6%, a los 8 meses llegó hasta 27.8% y a los 12 meses de edad de rebrote fue 26.9%. La EB estimada estuvo desde 3.6 a 4.2 Mcal/kg MS y la ED fue desde 1.8 a 2.7 Mcal/kg MS. Se concluyó que la harina de hojas y peciolo del pisonay tiene potencial forrajero para cubrir las necesidades nutricionales de conejos, aves y cerdos con base a la información científica disponible; con mayor énfasis para cuyes como suplemento parcial o total de las proteínas provenientes de alimentos convencionales.

*Palabras clave: energía bruta y digestible, fibra, materia seca, proteína.*



## ABSTRACT

In the inter-Andean valley of Abancay, the foliage of *Erythrina* sp (pisonay) trees is used as in the Mosoccpampa sector. The objective was to determine the dry matter (DM), crude protein (CP), crude fiber (CF), ether extract (EE), ash, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF); estimate gross energy (GE) and digestible energy (DE) of pisonay meal were estimated at 4, 8 and 12 months of regrowth age and their possibilities of use in the feeding of monogastric animals. Six pisonay trees, normally used and harvested for animal feed, were taken for convenience, the samples consisted of leaves and petioles that were subjected to natural drying under shade and later the dry forage was ground through a hammer mill to obtain the meal and subsequently the proximal analysis of the *Erythrina* sp (pisonay) for each regrowth age (4, 8 and 12 months) in three repetitions and from these data the gross and digestive energy was estimated for each regrowth age (4, 8 and 12 months). The confidence interval ( $\alpha = 0.05$ ) was determined for the mean of each nutritional value, as well as for GE and DE. The DM in all cases was 92%, the CP was 20% at 4 and 8 months and at 12 months of regrowth age it was 19.7%, the EE was conserved between 1 to 2%, the ash with ranges from 9 to 10%, the FC at 4 months of regrowth was between 24.3 to 25.1%, at 8 months of regrowth it was 23.0% and at 12 months of regrowth was 22.0%, the NDF was 46.0% at 4 and 8 months and for the 12 months of regrowth age it was 42.8% and the AFD at 4 months was 30.6%, at 8 months it reached 27.8% and at 12 months of regrowth it was 26.9%. The estimated GE ranged from 3.6 to 4.2 Mcal/kg DM and the DE was from 1.8 to 2.7 Mcal/kg DM. It was concluded that the meal of leaves and petioles of pisonay has forage potential to cover the nutritional needs of rabbits, birds and pigs based on available scientific information with greater emphasis for guinea pigs as a partial or total supplement of proteins from conventional foods.

*Keywords: gross and digestible energy, fiber, dry matter, protein.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La producción pecuaria en clima templado (temperatura promedio de 18°C, 1900 msnm, 900 mm de precipitación y humedad relativa de 87%) 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 (15).

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 (16) (17). 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 (18).

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 que permitan solucionar esta situación (11). La elaboración de harinas provenientes de las especies forrajeras arbustivas y arbóreas es una actividad tecnológicamente factible, tanto a mediana como a gran escala, la evaluación de estos, en especial la composición nutricional y factores antinutricionales (compuestos secundarios) son necesarios para contrarrestar o corregir sus efectos negativos y aprovechar mejor sus efectos positivos (19).

#### 1.2 Enunciado del problema

##### 1.2.1 Problema general

¿La composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina* sp) de diferente edad de rebrote limitará sus perspectivas de uso en la alimentación de animales monogástricos?



### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿La edad de rebrote hace que varíe el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), ceniza (CEN), fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA)?
- ¿La harina de pisonay de diferente edad de rebrote hace que varíe la estimación de la energía bruta (EB) y energía digestible (ED)?
- ¿La harina de pisonay de diferente edad de rebrote puede utilizarse como insumo en la alimentación de animales monogástricos?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

Los árboles forrajeros han jugado siempre un papel significativo en la alimentación de animales domésticos, estos recursos alimenticios habían sido generalmente ignorados por científicos debido al conocimiento inadecuado de su uso potencial y a la carencia de iniciativas para desarrollar sistemas alimenticios más innovadores (20). El análisis de la composición química de los alimentos es una herramienta para predecir el valor nutricional de los alimentos para rumiantes y monogástricos (21).

Las leguminosas arbustivas destinadas a forraje deben tener una alta calidad nutricional para lograr en el animal los efectos económicos requeridos para justificar la inversión de los granjeros. El 16% de los productores de Kerapata, sector cercano al lugar donde se cosechó el pisonay, aprovechan el pisonay (*Erythrina* sp) para la dieta de los cuyes básicamente en épocas de secano donde el forraje verde escasea (22).

Las hojas y peciolos del pisonay utilizados a los 120 días de rebrote (4 meses) tienen un adecuado potencial nutritivo, esto indica que a mayor edad de rebrote (12 meses) se incrementa la cantidad de MS (24 a 28%), las hojas y peciolos del forraje tendrán un menor contenido de humedad, mayor disponibilidad de MS y 20% de PC (11). El uso de diferentes forrajes como harina, se utilizan en varias especies tanto en monogástricos y/o rumiantes, que aportan sus bondades nutricionales. En la harina de morera se encontró 89.5% de MS, 17.1% PC, 10.5% FC, 4.8% EE y 12.8% CEN (23), en las hojas y peciolos como harina de la especie *Erythrina* sp de 2.5 meses de edad de corte se observó 89.9% de MS, 14.4% PC, 32.0% de FC y 2066 kcal de EB (24).



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.2.1 Objetivo general

Evaluar la composición nutricional de la harina de pisonay (*Erythrina sp*) con diferente edad de rebrote y describir las posibilidades de su uso en la alimentación de monogástricos.

##### 2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de la harina de pisonay (*Erythrina sp*) a los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote.
- Estimar la energía bruta y energía digestible de la harina de pisonay (*Erythrina sp*) a los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote.
- Describir las posibilidades del uso de harina de pisonay en la alimentación de monogástricos.

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.3 Hipótesis general

La harina de pisonay lograda a diferentes edades tiene diferente composición nutricional y puede limitar su uso en la alimentación de animales monogástricos.

##### 2.2.4 Hipótesis específicas

- A diferente edad de rebrote la harina de pisonay tiene diferente contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), ceniza (CN), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la harina de pisonay.
- A diferente edad de rebrote la harina de pisonay tiene diferente energía bruta y digestible.



- La mayor edad de rebrote limita el uso de harina de pisonay en la alimentación de animales monogástricos

### 2.3 Operacionalización de variables

<b>Variable(s)</b>	<b>Indicador(es)</b>
Composición nutricional	Materia seca, %
	Proteína cruda, % MS
	Fibra cruda, % MS
	Extracto etéreo, % MS
	Ceniza, % MS
	Fibra detergente neutro, % MS
	Fibra detergente ácido, % MS
Estimación de la energía	Energía bruta, Mcal/kg MS
	Energía digestible, Mcal/kg MS

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) En un estudio se evaluaron las hojas maduras de varias especies de *Erythrina*, provenientes del banco de germoplasma denominado International Livestock Centre for África (ILCA) ubicado en el sur de Etiopía, donde el valor nutritivo (Tabla 1) ha dado alguna indicación de la gran variabilidad existente entre especies, probablemente por los sitios con diversas características climáticas y edáficas (25).

Tabla 1. Variaciones en la proteína cruda (PC, %), fibra detergente neutro (FDN, %) y fibra detergente ácido (FDA, %) de siete especies de *Erythrina*

Especie	PC	FDN	FDA
<i>E. abyssinica</i>	19.3	58.2	42.9
<i>E. bentipoeme</i>	19.4	48.9	35.3
<i>E. brucei</i>	25.0	53.3	38.9
<i>E. burana</i>	22.0	46.8	36.0
<i>E. melanacantha</i>	35.4	35.6	26.7
<i>E. poeppigiana</i>	24.4	52.5	36.7
<i>E. variegata</i>	28.1	36.9	27.0

- b) Otra de las especies que presenta una gran variabilidad es la *Erythrina glauca*, al evaluar la composición nutricional de las hojas, la MS presenta rangos de 90 a 95%, la PC de 21.3 a 28.7%, la ceniza 13.4%, el extracto etéreo 3.2, la FDN desde 47.7 a 53.5 y la FDA de 28.8 a 43.0% además de la energía bruta estimada de 4.68 Mcal/MS, esto nos indica que es una especie promisoría para la utilización como suplemento proteico en la alimentación de monogástricos (26) (27).

Tabla 2. Evaluación bromatológica del follaje y tallos tiernos proveniente de dos especies arbóreas

Especie	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Referencia
<i>E. berteriana</i>	29.2	58.5	38.8	Flores et al. (1998) (28)
<i>E. goldmanii</i>	25.0	53.3	38.9	Pinto et al. (2004) (29)



- c) El valor nutritivo de harinas de follaje de moringa (*Moringa oleifera*), morera (*Morus alba*), trichanthera (*Trichanthera gigantea*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), estas especies se recolectaron en octubre de 2012 en las áreas experimentales del Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Cuba, 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, se demostró que la materia orgánica de moringa y leucaena superó 90% y trichanthera mostró valores bajos (72%), la proteína bruta fue superior a 20% en todos los tratamientos y la fibra detergente neutro varió entre 30 y 50%, desde el punto de vista de su contenido de nitrógeno y degradabilidad la leucaena mostró mayor potencial como suplemento proteico (30).
- d) Los árboles introducidos como la *Erythrina indica*, *Moringa oleifera* y *Trichanthera gigantea* pueden ser de valor nutritivo y con potencial forrajero, como se observa en la Tabla 3, representan una alternativa en los regímenes de alimentación para diferentes sistemas de producción animal, ya que no solo proporciona proteína cruda adecuada sino también energía fermentable (31).

Tabla 3. Composición química de árboles forrajeros.

Especies	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	EB (Mcal/kg MS) <sup>1</sup>
<i>Moringa oleifera</i>	89.17	24.68	34.45	4.59
<i>Erythrina indica</i>	89.30	24.35	47.90	4.48
<i>Trichanthera gigantea</i>	88.19	16.03	34.21	3.60

<sup>1</sup>Determinada a través de bomba calorimétrica.

- e) El efecto de diferentes métodos de procesamiento para la obtención de harina de hojas de *L. leucocephala* como ingrediente en la alimentación de conejos, uno de ellos fue a través del secado por aire frío, la composición nutricional con respecto a la proteína cruda fue 29.0%, fibra cruda 13.7%, extracto etéreo 5.6%, cenizas 9.1% y 3366.6 kcal/kg de energía bruta, se demostró que la *L. leucocephala* se puede usar en dietas para reemplazar o en combinación con ingredientes de alimentos convencionales como fuente de proteínas (32).
- f) 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 (33).

- g) Se recolectó el follaje, constituido por hojas y pecíolos, de árboles sin antecedentes de poda y que formaban parte de cercas vivas que marcaban los pastos de ovejas, el follaje recolectado se secó extendiéndolo en capas no mayores de 3 cm sobre un piso de concreto bajo techo a temperatura ambiente ( $28.2 \pm 1.3^\circ \text{C}$ ) durante 72 h y se le dio la vuelta y se mezcló dos veces al día para mejorar el secado: los resultados del follaje de *Erythrina americana* para la MS fue  $84.9 \pm 7.3\%$ , la PC  $18.9 \pm 1.8\%$ , cenizas  $9.8 \pm 0.3\%$ , FDN  $71.6 \pm 3.2\%$  y FDA  $56.7 \pm 9.7\%$ , demostraron que estos valores estaban generalmente dentro de los rangos y solo debe usarse como única fuente de alimento durante períodos cortos en respuesta a contingencias ambientales (34).

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Características del género *Erythrina*

La introducción de árboles y arbustos de la familia de las leguminosas en los sistemas agroforestales y de alimentación del ganado es prometedora para satisfacer la demanda creciente de alimentos en todo el mundo, las leguminosas arbustivas son apreciadas por sus variadas contribuciones a la productividad de los sistemas agrícolas, por sus usos domésticos y su papel en la protección del medio ambiente, la flexibilidad de sus usos les da un valor especial tanto para el pequeño agricultor de subsistencia como para las grandes explotaciones comerciales (35).

Tabla 4. Taxonomía del género *Erythrina* (36)

Phylum	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilinoideae
Género	<i>Erythrina</i>

Las especies del género *Erythrina* constan de 70 neotropicales, 31 africanas y 12 asiáticas (37), tenemos a la *Erythrina variegata* que se distribuye ampliamente en las



zonas costeras desde África hasta el Océano Pacífico oriental, la *Erythrina cristagalli* es originaria de Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay y se ha cultivado ampliamente en partes tropicales y subtropicales del mundo, incluidas Sudáfrica, California y Australia, otra de las especies es la *Erythrina fusca*, se considera la especie más extendida del género, autóctona de las zonas costeras de los trópicos donde las precipitaciones anuales son elevadas, incluidas África oriental, India, Malasia, muchas islas del Pacífico y el oeste de Sudamérica (38).

El género es probablemente de origen sudamericano, varias especies están limitadas a zonas ecológicas específicas la *Erythrina berteroana* se usa ampliamente como una cerca viva desde el nivel del mar hasta elevaciones de 2000 m en América Central y del Sur (37). La *Erythrina falcata* se distribuye en el área subandina del sur de Perú y Bolivia, el centro y sur de Brasil, Paraguay y norte de Argentina (39). 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 (40) y la *Erythrina poeppigiana* que se distribuye en el sudoeste de América; desde Venezuela y Panamá en el norte, por el área subandina de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia; hasta la Amazonia de Perú, Brasil y Bolivia en el oeste (39). En Brasil existen las especies *Erythrina vetulina*, *Erythrina verma*, *Erythrina mulungu* y la *Erythrina speciosa* (41).

Las especies que se encuentran en Perú tienen la capacidad, a través de sus raíces, de fijar nitrógeno (las 6 especies), es un alimento para el hombre (*Erythrina edulis*), son plantas forrajeras para el ganado, cercos vivos, árboles de sombra para cultivos y pastizales (*E. berteroana*, *E. poeppigiana*, *E. ulei*, *E. fusca* y *E. edulis*), así como ornamentales en todos los casos, y en algunas especies son fuente importante de alcaloides (*E. crista-galli*) (42). Además, se menciona la presencia de la *Erythrina berteroana* en San Martín, es la especie más frecuentemente utilizada como poste vivo para cercas en pequeños huertos y potreros, y sus hojas son utilizadas para alimentar conejos y cuyes (43), la *Erythrina amazónica* en Loreto donde se usa como sombra en los cafetales, pues produce gran cantidad de materia orgánica debido a la defoliación, para postes vivos en cercos de terrenos también para evitar el deslizamiento y como forraje su calidad es regular aunque puede mejorar la producción de leche en vacas ya que las hojas tienen un alto contenido en proteína y tienen buena digestibilidad (44), la *Erythrina americana* en Chosica donde es utilizada como barrera viva y control de la erosión (45).



La *Erythrina edulis* que se encuentra solo en elevaciones altas de los Andes, donde se usa como alimento humano en especial sus legumbres (37), se menciona que en el valle interandino de Abancay existe la especie *Erythrina edulis*, se reporta desde Panamá hasta Bolivia y se le conoce como chachafruto (46), 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 (47), como también a los cuyes.

La *Erythrina edulis* (chachafruto) es una de las más versátiles especies de las *Erythrina*, es una leguminosa multipropósito con un amplio espectro de usos, que van desde la alimentación humana (la semilla) y animal (el forraje) hasta la recuperación de suelos degradados (dada su capacidad de fijar nitrógeno) se usa para la formación de cercas vivas y en asociaciones con otras especies (48).

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 (49).

### 3.2.2 Producción de biomasa forrajera del género *Erythrina*

El primer corte de las especies arbóreas forrajeras después de plantadas, puede variar de seis a 18 meses, el corte debe hacerse cuando las plantas tengan dos o más metros de altura (1.0-1.2 m del piso, para facilitar la cosecha), para disminuir la competencia de luz en las primeras etapas del rebrote y conservar las reservas de la planta y garantizar la sostenibilidad del cultivo, los siguientes cortes se deben hacer a la misma altura y el tiempo entre cortes varía de tres a cinco meses para *Erythrina fusca* (cachimbo) cada cuatro a cinco meses (50).

La intensidad y frecuencia de poda tienen efectos significativos en la producción de biomasa de hojas y ramas en los árboles de *Erythrina indica* con respecto a los árboles no podados (51). La capacidad de árboles leguminosos cultivados como cercas vivas que se podaron dos veces al año, tuvieron una producción foliar anual estimada en 3.8 y 3.4 t de MS/ha para *Erythrina berteroana* y *Erythrina fusca*, respectivamente (52). La *Erythrina variegata* y *Erythrina subumbrans* tienen una



frecuencia de corte de una vez por año, seguido de cuatro y dos veces al año que influyen en la producción de forraje (53). La *Erythrina* sp en materia verde produjo en promedio  $78 \pm 42$  t/ha por año y se obtuvo más fitomasa en la frecuencia de poda de 26 semanas  $33 \pm 7$  t/ha de materia seca (54) 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 (55).

Tabla 5. Producción de biomasa de *Erythrina poeppigiana* establecida a 6 x 6 m (280 árboles/ha) bajo tres intervalos de corte (56)

Intervalo de corte	MS Hojas kg/ha/año	MS Ramas kg/ha/año	MS Total kg/ha/año
12 meses (1 poda/año)	3270	15200	18470
6 meses (2 podas/año)	3900	7900	11800
4 meses (3 podas/año)	4340	3510	7850

### 3.2.3 Composición nutricional del género *Erythrina*

#### 3.2.3.1 Forraje fresco

Los árboles leguminosos como el género *Erythrina* se cultivan con frecuencia como postes de cercas vivas que podrían manejarse para proporcionar al ganado forraje de alta calidad (57) como la *Erythrina variegata* que es adecuada para cabras cuando se alimentan en confinamiento o en sistemas de producción de corte y transporte como suplemento proteico (PC: 21.3) y energético (EB: 4.1 Mcal/kg MS) para mejorar el valor nutricional de rastrojos de maíz forrajero de baja calidad (58), también 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 (59) y puede ser la única fuente de alimentación en las ovejas Blackbelly x Pelibuey durante períodos cortos, como lo indica su proteína cruda (PC:  $18.9 \pm 1.8\%$ ) y carbohidratos estructurales (FDN:  $71.6 \pm 3.2\%$  y FDA:  $56.7 \pm 9.7\%$ ) (34).



En la zonas intermedias y altas (>1000 msnm) de México destacó el género *Erythrina chiapasana*, que es la más suculenta y cuyo contenido en MS fue 17.8 y 22.5%; PC 21.6 y 21.0% y ceniza 7.9 y 8.2% en dos épocas (seca y húmeda) del año, respectivamente (60).

Tabla 6. Materia seca y proteína cruda en diferentes fracciones del follaje de *Erythrina. poeppigiana* (3 meses de rebrote) (61)

Fracción	MS (%)	PC (%)
Hoja apical	17.5	38.4
Hoja intermedia	25.5	30.5
Hoja basal	26.2	27.1
Tallo apical	17.0	12.2
Tallo intermedio	20.1	10.6
Tallo basal	21.5	9.2

Las especies del genero *Erythrina* se encuentran en varios países incluido el Perú, se demostró que la PC ( $26.1 \pm 1.5\%$ ) en la *Erythrina* sp con 4 meses de edad rebrote fue mayor con respecto a los 12 meses ( $20.1 \pm 0.8\%$ ) y la FDN ( $57.7 \pm 1.20$  y  $58.6 \pm 1.25\%$ ) fue similar en ambas edades (11), en otro estudio realizado con las hojas y peciolos del forraje de pisonay (*Erythrina* sp) que fueron cosechados a los 12 meses de edad de rebrote, se demostró que la PC alcanzo niveles de 23%, FDN 59.6% y energía digestible 2.6 Mcal/kg MS (62). Los coeficientes de digestibilidad para la MS y PC, y la energía digestible (ED) de la *Erythrina poeppigiana* en cuyes fue 24.09%, 41.52% y 1.04 Mcal/kg MS respectivamente (63), estos valores nutricionales utilizados en la alimentación de cuyes pueden cubrir los requerimientos nutricionales y ser utilizados como suplemento proteico (> 18%) y energético (ED: > 2.8 Mcal/Kg) para cuyes en etapa de crecimiento y engorde (64) (65).

Las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, de allí la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje a través del tiempo (66).



### 3.2.3.2 Harina

La cantidad de proteína y la fracción fibrosa de las harinas de follajes tropicales están determinados por la especie utilizada y su confección (19). Se evaluó la harina de *Erythrina edulis* (chachafruto) 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 (67). 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 *Erythrina poeppigiana* (caraca) de 60 días de rebrote que denotan un interesante potencial de uso en dietas para cuyes (68).

Los estudios efectuados en cinco plantas (Tabla 7); una arbustiva, morera (*Morus alba*); una arbórea, trichantera (*Trichantera gigantea*) y tres leguminosas temporales (*Canavalia ensiformis*, *Stizolobium niveum* y *Lablab purpureus*), indican que la morera y la trichantera fueron las más promisorias, ya que presentaron los mejores indicadores nutricionales, físicos y fitoquímicos, esto nos indica que la utilización de harinas de follajes de plantas tropicales, en sustitución parcial o total de las proteínas provenientes de los cereales para la alimentación de los monogástricos, es una de las estrategias más investigadas en la actualidad, debido a la ventaja que representa disponer de fuentes autóctonas de alimentos y poder reducir los costos, con lo que disminuyen las importaciones (19).

Tabla 7. Fraccionamiento de la fibra en las harinas de follajes tropicales

Indicador (%)	Harina de follaje				
	Morera	Trichantera	Canavalia	Dolicho	Mucuna
Fibra detergente neutro	39.50	40.10	62.61	71.78	66.19
Fibra detergente ácido	27.15	28.37	43.22	49.92	54.51
Lignina	6.11	7.65	10.60	13.09	17.50
Celulosa	19.35	20.34	31.97	36.11	34.99
Hemicelulosa	12.95	11.13	20.84	21.86	11.30

### 3.2.4 Uso del forraje del género *Erythrina* en la alimentación de monogástricos

El uso de follaje verde de especies forrajeras tropicales como *Erythrina poeppigiana* para el engorde de conejos Nueva Zelanda es una opción alimenticia alternativa no convencional especialmente por su contenido de proteína (24.2%), mientras que la fibra fue 32.1%, que provocó una ligera reducción en la ingesta de forraje (69). 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 (26), en otro estudio, el follaje de *Erythrina variegata* como harina tiene valores en PC de 12.9% y 59.7% de FDN, además fue la más aceptada (86.3%) por los cerdos y presenta una digestibilidad del 74.3% (70).

Se ha demostrado que las hojas de *Erythrina indica* y *Erythrina brucei* por su contenido de proteína, que en promedio tienen 19.5 y 21.3% respectivamente, por lo tanto, pueden considerarse una fuente potencial de proteínas para complementar los forrajes de mala calidad y puede ayudar a sustituir las costosas proteínas concentradas (71) (27).

La adición de 1 y 2% de harina de *Erythrina. edulis* (pajuro) en el concentrado para cuyes de 21 días de edad que recibieron dietas isoproteicas (PC: 20%) e isoenergéticas (ED: 3.15 Mcal/kg MS) se logró mejorar la conversión alimenticia y rendimiento de carcasa (72). El comportamiento productivo de cuyes con la inclusión del 20% de harina de *Erythrina poeppigiana* (caraca) de 60 días de edad de rebrote, deshidratadas al sol, en el concentrado de acuerdo a la etapa de engorde (PC: 14 a 16%) produjo un mayor consumo de alimento, pero a la vez un menor rendimiento de carcasa (14).

También, se reportó el uso de la harina de hojas de pisonay para la alimentación de gallinas de postura Hy- Line Brown de 45 semanas de edad, se evaluaron dos tratamientos con contenido del 3% y del 5% de harina, con el fin de establecer cómo influía la dieta de los animales en la calidad de los huevos, ambos tratamientos mejoraban la producción en más de un 80%, con un peso promedio de 68 g; además, aumentó el color de la yema (parámetro importante de calidad) con mejores calificaciones de coloración en 7.06 y 8.66 respectivamente, como consecuencia de la presencia de carotenoides y xantofilas (73).

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 (74), 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 (9).

El follaje de especies arbustivas en 30%, cosechadas a 60 días de edad de rebrote, como suplemento alimenticio en cuyes mestizos de 30 días de edad no afectaron el comportamiento productivo en comparación a cuyes alimentados con concentrado comercial a voluntad más King grass CT-115 (75).

La arbustiva tropical *Erythrina poeppigiana* se utiliza con mayor frecuencia en el engorde de cuyes de 25 a 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) (76), 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) (77). El rendimiento a la canal (66%) de cuyes alimentados con *Erythrina poeppigiana* (caraca) 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) lo cual demuestra que es una buena alternativa para la crianza de cuyes (78).

Tabla 8. Requerimientos nutricionales en animales monogástricos (79) (80) (81) (82) (83)

	Conejos	Aves	Cerdos	Cuyes
Proteína cruda (%)	13 - 18	14 - 21	13 - 24	13 - 22
Fibra cruda (%)	12 - 16	2.8 - 4.4	2.5 - 10.0	8 - 17
Extracto etéreo (%)	3 - 5		3 - 9	
Fibra detergente neutro (%)	27 - 35		10.9 - 19.0	
Fibra detergente ácido (%)	16 - 19			
Energía digestible (Mcal/kg de MS)	2.2 - 2.7		3.3 - 3.5	2.8 - 3.0

### 3.2.5 Determinación proximal de los alimentos

Analizar los alimentos base (forrajes) es importante para caracterizar nutricionalmente los mismos y para seleccionar mejor los suplementos a utilizar, de tal manera que se optimice la producción, es también importante para garantizar la calidad de productos formulados comercialmente (concentrados energéticos o

proteicos) (84).

El análisis de alimentos se lleva a cabo usando técnicas menos invasivas, que intentan predecir alguno de los tres parámetros que constituyen la performance animal: el consumo, la digestibilidad y la eficiencia de utilización (85). La composición de los alimentos se basaba en un sistema de análisis descrito como análisis proximal de los alimentos, que fue ideado hace más de 100 años por dos científicos alemanes, Henneberg y Stohmann, sistema de análisis divide el alimento en seis fracciones: humedad, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo, cenizas y extractos libres de nitrógeno (86).

### **3.2.5.1 Humedad y materia seca**

La cantidad de agua presente en un forraje depende de factores externos y puede experimentar importantes variaciones a un mismo estado vegetativo del forraje: disminuye ante situaciones de alta intensidad lumínica, altas temperaturas y aumenta en situaciones opuestas, los tenores más bajos de agua en el forraje son observados en verano y los más elevados en otoño e invierno (87). La razón de determinar la materia seca de los forrajes es por la variación del contenido de agua, los cuales deben ser expresados sobre base materia seca para permitir comparaciones con otros alimentos (79). En el caso de forrajes frescos o heno, las opciones para una correcta determinación del contenido de materia seca son variadas, e incluyen el secado en horno a 65° C por 48 h, a 100° C por 24 h, o a 135° C por 3 h (85). El porcentaje de materia seca es un indicador importante para calcular la disponibilidad de forraje en una explotación ganadera, la oferta de MS a su vez permite establecer el consumo de nutrientes, el balance nutricional, y el cálculo de raciones, haciendo posible ajustar la suplementación de los animales en las épocas y cantidades adecuadas (88).

### **3.2.5.2 Proteína cruda o bruta**

La determinación de proteína se basa en el método Kjeldahl, el cual mide el contenido total de nitrógeno de un alimento, donde se asume que el Nitrógeno (N) está en forma de proteína, sin considerar que existe una proporción de N y proteína cruda asociada a otros compuestos como las amidas, urea, lignina y otros denominados compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), para calcular el contenido de proteína, se multiplica el



contenido de N obtenido por el factor 6.25, este factor se basa en el supuesto que las proteínas contienen un 16% de N (84) (89).

El análisis de proteína es útil para clasificar un producto (proteico o energético) o evaluar la calidad de un alimento al compararlo con otros de origen similar (ejemplo, pastos de diferentes edades) y no nos dice sobre la calidad de su proteína, su disponibilidad y su contenido de aminoácidos; desde el punto de vista nutricional, la proteína cruda es válida para los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos, venado, etc.), ya que estos animales que son capaces de emplear de manera relativamente eficiente casi todas las formas de nitrógeno y en monogástricos (pollos, gallinas, pavos, patos, cerdos) la información puede tener muy poco valor, ya que estos animales no emplean las formas de nitrógeno no proteico (urea, sales de amonio, biuret, nitrato, amidas, etc.) (21).

### **3.2.5.3 Fibra cruda**

La cantidad de FC es determinada por la ebullición alternada de una muestra, sometida a extracción con éter, primero en ácido débil y luego en una base diluida, posteriormente se filtra, después del secado se quema en un horno, la fracción de la FC es la diferencia entre el peso antes y después de quemar la muestra (79).

La fibra cruda se define como los componentes del alimento resistentes a la degradación enzimática y absorción intestinal de los mamíferos y pueden ser fermentados parcial o totalmente en el tracto intestinal (81). Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa y hemicelulosa (fracción orgánica del alimento que es lentamente digestible), y lignina (fracción orgánica del alimento que es indigestible), se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la MS, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos (90). En monogástricos la fibra cruda tiene un valor bajo ya que refleja una fracción relativamente indigestible para este tipo de animales (21).

### **3.2.5.4 Extracto etéreo**

La fracción de extracto etéreo (EE) se determina sometiendo el alimento a una extracción continua con éter de petróleo o dietílico durante un período definido, el residuo, después de la evaporación del disolvente, es el extracto



etéreo (86), que incluyen las grasas verdaderas y los ésteres de los ácidos grasos, algunos lípidos compuestos y vitaminas liposolubles, la obtención del EE es aislar una fracción de los forrajes que tengan un elevado valor calórico (79).

Los compuestos con importancia cuantitativa normalmente son la grasa verdadera y los esteres de ácidos grasos, algunos lípidos compuestos y las vitaminas y provitaminas liposolubles, las grasas representan una forma concentrada de energía (aproximadamente 2.25 veces el valor de los carbohidratos) y la cantidad elevada de grasa en los alimentos pueden inducir procesos de rancidez (21).

#### **3.2.5.5 Cenizas**

El contenido de cenizas se determina mediante la ignición de un peso conocido del alimento a 550 °C hasta que se haya eliminado todo el carbono. El residuo es la ceniza y se considera que representa los constituyentes inorgánicos del alimento. El componente principal de la ceniza es la sílice (86). Las cenizas nos ayudan a determinar la cantidad de materia orgánica MO (%MS - %CEN) y NDT, para señalar la presencia de adulterantes minerales (79).

El contenido de cenizas de un alimento normalmente es menor al 10% de la MS, en los follajes de árboles forrajeros es común tener valores cercanos o inclusive ligeramente superiores al 10%, sin embargo, son pocos los materiales que exceden este valor (21).

#### **3.2.5.6 Fibra detergente neutro**

Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otras componentes minoritarias como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno (91). La FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario (84), tiene una correlación negativa con el consumo de materia seca, conforme aumenta el contenido de FDN en los forrajes, debido a la edad y madurez de las plantas, los animales consumen menos (92).



### 3.2.5.7 Fibra detergente ácido

Es el material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales, la diferencia entre FDN y FDA consiste fundamentalmente en hemicelulosa, la determinación de la FDA se realiza sobre el residuo de la FDN (91). La FDA está correlacionada negativamente con la digestibilidad de la materia seca, en otras palabras, conforme aumenta el contenido de FDA en los forrajes, éstos se vuelven menos digestibles (92).

### 3.2.6 Estimación de la energía bruta y digestible

La energía química o bruta (EB) contenida en los alimentos es la principal fuente de energía que disponen los animales para mantener su temperatura corporal, realizar sus funciones vitales y producir, el valor energético de un alimento depende también del animal que lo consume (89). La información sobre el potencial energético de los alimentos es fundamental para su valoración nutricional y económica. La energía bruta puede ser medida a través del empleo de una bomba calorimétrica, su validez en nutrición animal es cuestionable por la variabilidad que registran los alimentos en digestibilidad y metabolismo, es así que la estimación de la energía disponible se desarrolla a través del análisis químico de los alimentos con modelos matemáticos (93).

El valor de EB es generalmente de poca utilidad, excepto para dietas de monogástricos con bajos niveles de fibra y en los cuales la EB puede ser empleada con buena precisión para predecir el valor de energía digestible (ED) y/o metabolizable (EM) de un alimento (21).

La energía digestible (ED) representa la energía absorbida por el animal, la energía digestible aparente se calcula como la EB proporcionada por una unidad de alimento menos el contenido de EB de las heces resultante del consumo de esa unidad de alimento (86).

## 3.3 Marco conceptual

- a) **Harina.** Polvo menudo a que se reducen algunas materias sólidas. Ingrediente molido a un reducido tamaño de partícula



- b) **Suplemento.** Un ingrediente que se agrega a una ración para elevar la concentración de un nutriente.



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

El estudio que se realizó fue de tipo observacional, prospectivo, longitudinal y descriptivo.

#### 4.2 Diseño de la investigación

La investigación se llevó a cabo considerando los siguientes pasos, identificación de árboles de pisonay en el sector Mosoccpampa (Tamburco), cosecha de hojas y peciolo de 4, 8 y 12 meses de rebrote, transformación en harina y análisis para determinar sus componentes nutricionales, revisión de bibliografía, análisis estadístico e interpretación.

#### 4.3 Población y muestra

Debido a la disponibilidad existente en zonas de valles interandinos y por la accesibilidad a estos lugares de recolección, se utilizó el follaje de árboles de *Erythrina* sp (pisonay) del sector de Mosoccpampa (Tamburco). Se tomaron por conveniencia seis (06) árboles de pisonay, normalmente utilizados y cosechados para la alimentación de los animales, para cada edad rebrote (4, 8 y 12 meses) de pisonay. Las muestras estuvieron constituidas por las hojas y peciolo de la parte basal, media y apical de cada árbol las cuales se mezclaron para obtener una muestra homogénea. La muestra fue de 250 g a la cual se le realizó el análisis correspondiente.



Figura 1. Sector de Mosoccpampa, Tamburco, Abancay.



Figura 2. Árboles destinados para la alimentación de animales

#### 4.4 Procedimiento

Debido a la disponibilidad existente en zonas de valles interandinos y por la accesibilidad a estos lugares de recolección, se utilizó el follaje de árboles de *Erythrina* sp (pisonay) del sector de Mosoccpampa (Tamburco) ubicado a una altitud de 2880 m. Se tomaron por conveniencia 06 árboles de pisonay, normalmente utilizados y cosechados por los productores, para la alimentación de los animales, de 4, 8 y 12 meses de rebrote previamente identificados y cosechados.

Para la elaboración de harina se utilizó el follaje tanto hojas y peciolos de árboles de *Erythrina* sp (pisonay), después se sometió al secado natural bajo sombra aproximadamente 30 días, y se procedió a moler el forraje seco a través de un molino de martillo con zaranda de 2-3 mm.

El análisis proximal de la harina de *Erythrina* sp se realizó tres repeticiones por cada edad de rebrote, de acuerdo con AOAC (2012), y la fibra detergente neutro y fibra detergente ácido según Van Soest *et al.*, 1991 (91), en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal perteneciente a la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

Después de obtener los valores de la composición nutricional de la harina de pisonay se estimó la energía bruta y digestiva para cada edad de rebrote (4, 8 y 12 meses) del pisonay de acuerdo a las siguientes formulas:

Nehring y Haenlein (1973) (94):

$$EB = 5.72 \times (\% PC) + 9.50 \times (\% EE) + 4.79 \times (\% FC) + 4.03 \times (\% ELN)$$

AEC (1978) citado por Valenzuela (2015) (95):

$$EB = 5.7 \times (\% PC) + 9.3 \times (\% EE) + 4.1 \times (\% FC + \% ELN)$$

Bath y Marble (1989) citado por Orloff y Marble (1995) (96):

$$NDT (\% MS) = 82.38 - (0.7515 \times \% FDA)$$

Noblet & Pérez (1993) (97) :

$$EB = 4.143 + (56 \times \% EE) + (15 \times \% PC) - (44 \times \% CEN)$$

$$ED^1 = 949 + (0.789 \times EB) - (43 \times \% CEN) - (41 \times \% FDN)$$

$$ED^2 = 4.151 - (122 \times \% CEN) + (23 \times \% PC) + (38 \times \% EE) - (64 \times \% FC)$$

NRC (1989):

$$ED \text{ (Mcal/kg)} = \% \text{ NDT} \times 0.04409$$

Donde:

ELN: Extracto libre de nitrógeno

NDT: Nutrientes digestibles totales

EB: Energía bruta

ED: Energía digestible

Además, se realizó la recopilación de información a través de diversos buscadores electrónicos como google académico, ALICIA, Biblioteca virtual de CONCYTEC, Scielo, Latindex y otros, para la ubicación de artículos científicos, actas, tesis, memorias, resúmenes y otros.

#### 4.5 Técnica e instrumentos

a) Determinación de humedad o materia seca

- Se registró el peso de la bolsa de papel, al igual que el peso de las muestras (un total de 3 muestras)
- Se depositaron las muestras pesadas y taradas, con forraje, en la estufa a 55 °C, por 72 horas, posteriormente se dejó enfriar en un desecador.
- Se registró el peso de la bolsa de papel más la muestra seca. El cálculo se obtuvo por diferencia:

$$MS = 100 - \% \text{ de humedad}$$

b) Determinación de proteína cruda (nitrógeno total)

Procedimiento de digestión:

- Se pesó 0.1 g de alimento molido.
- Las muestras se colocaron en el balón Kjeldahl.
- Se agregó 2 mL de solución digestora (ácido sulfúrico).
- Después del proceso de digestión se obtuvo sulfato de amonio (líquido verde transparente).

Procedimiento de destilación:



- Se colocó 15 mL de ácido bórico en el pico de descarga del destilador.
- Se diluye el sulfato de amonio con agua destilada y se procedió a colocar en el destilador no más de la mitad del bulbo.
- Se agregó 9 mL de NaOH, esto deja libre al amonio hidratado.
- Se destilo hasta obtener el doble de líquido, aproximadamente 10 minutos por muestra.

Procedimiento de titulación:

- Se valoró el borato de amonio con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de normalidad conocida 0.025 y se anotó el gasto para hacer los cálculos al respecto. Cálculo de contenido de nitrógeno:

$$\% N = \frac{mLH_2SO_4 \times \text{Normalidad de } H_2SO_4 \times \text{milieq. N} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

c) Determinación de fibra cruda.

- Se utilizó la muestra libre de grasa, la cual se colocó en un vaso de precipitación de 600 mL de capacidad.
- Se adicionó 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25 %.
- Se colocó sobre el calentador del digestor para hervirlo durante 30 minutos.
- Seguidamente se filtró cuidadosamente a través de un papel filtro o tela. Lavar la fibra con agua destilada caliente, hasta que la reacción ácida de tornasol desaparezca.
- Se transfirió la fibra a un vaso de precipitación de 600 mL de capacidad, lavar la tela o el papel utilizado con 200 mL de hidróxido de sodio al 1.25% y hervir el contenido suavemente en el digestor durante 30 minutos.
- Se lavó la fibra añadiendo agua destilada caliente hasta que la reacción alcalina al tornasol desaparezca.
- Se procedió a secar en una estufa el contenido de fibra a 60 °C durante 24 horas, posteriormente se pesa el residuo.
- Se incineró en una mufla por 3 horas a 650 °C, enfriar en un desecador y pesar, la pérdida de peso es el equivalente a la fibra cruda. Cálculo:

$$\% FC = \frac{(\text{crisol} + \text{residuo}) - (\text{crisol} + \text{cenizas}) \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

d) Determinación de extracto etéreo

- Se pesó 2 g de muestra seca molida sobre el papel de filtro exento de grasa y envuelto adecuadamente.
- Se procedió a colocar la muestra dentro del aparato extractor.



- Al matraz correspondiente a dicho Soxhlet libre de humedad se le adicionó una cantidad suficiente de solvente.
- Se utilizó agua fría para el sistema de refrigeración y condensar en solvente.
- Se calentó la hornilla para la combustión y ebullición de la muestra.
- El periodo de extracción fue de 3 a 4 horas.
- Se procedió a secar las muestras (papel + muestra sin grasa) en una estufa a 60 °C con la finalidad de evaporar el solvente durante 24 h.
- Se pesó las muestras desecadas para obtener el extracto etéreo. Cálculo:

$$\% \text{ EE} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra sin grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

e) Determinación de cenizas:

- Se pesó en un crisol tarado aproximadamente 2 g de muestra seca.
- Se colocó el crisol en una mufla que mantenga la temperatura entre 650 °C durante 3 horas, posteriormente se esperó que la temperatura baje hasta 200 °C.
- Se llevó el crisol a un desecador para que enfrié.
- Finalmente se pesará el crisol con su contenido. Cálculo:

$$\text{Ceniza} = (\text{crisol} + \text{muestra incinerada}) - (\text{peso del crisol})$$

f) Determinación de fibra detergente neutro:

- Se molió la muestra seca a través de una malla de tamiz de 2 mm.
- Se pesó 1 g de muestra molida (1 mm) en un crisol, precisión  $\pm 1$  mg.
- Se agregó 100 mL de solución de detergente neutro a temperatura ambiente y 0.5 g de sulfito de sodio con algunas gotas de n-octanol, hacer hervir y recircular por 60 minutos.
- La muestra se filtró y lavó 3 veces con agua hirviendo y luego 2 veces con acetona fría.
- Secar 8 horas a 105 °C y posteriormente enfriar en un desecador.
- Pesar. Cálculo:

$$\% \text{ FDN} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{Peso del residuo}) - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

g) Determinación de fibra detergente ácido:

- Se molió la muestra seca a través de una malla de tamiz de 2 mm.
- Se pesó 1 g de muestra molida (1 mm) en un crisol, precisión  $\pm 1$  mg.



- Se agregó 100 mL de solución de detergente neutro a temperatura ambiente y 0.5 g de sulfito de sodio con algunas gotas de n-octanol, hacer hervir y recircular por 60 minutos.
- La muestra se filtró y lavó 3 veces con agua hirviendo y luego 2 veces con acetona fría.
- Secar 8 horas a 105 °C y posteriormente enfriar en un desecador.
- Pesar. Cálculo:

$$\% \text{ FDA} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{Peso del residuo}) - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### 4.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó la estadística descriptiva como las medidas de tendencia central y dispersión para los caracteres cuantificables. Para cada valor nutricional 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

$\sigma$ : Desviación estándar

n: Tamaño de muestra

$\alpha = 0.05$  ó  $\alpha = 0.01$ .

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Composición nutricional de la harina de *Erythrina* sp (pisonay)

En la Tabla 9, se observa los valores nutricionales de la harina de pisonay a los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote. La MS en todos los casos fue 92.0%, la PC fue 20.0% a los 4 y 8 meses y a los 12 meses de edad de rebrote fue 19.7%.

Tabla 9. Composición nutricional de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) según edad de rebrote (meses)

Componentes	4 meses		8 meses		12 meses	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS
Materia seca (%)	92.08	92.14	92.75	92.77	92.20	92.26
Proteína cruda (% MS)	20.43	20.93	20.51	20.99	19.65	19.81
Extracto etéreo (% MS)	1.16	1.18	1.26	1.30	1.69	1.71
Cenizas (% MS)	9.22	9.34	8.97	9.85	9.61	9.73
Fibra cruda (% MS)	24.34	25.12	23.29	23.75	22.34	22.46
Fibra detergente neutro (% MS)	46.77	47.03	46.05	46.53	42.49	43.19
Fibra detergente ácido (% MS)	30.39	30.85	27.81	27.93	26.59	27.25

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

Con respecto al EE se conservó entre 1 a 2% en todas las edades de rebrote, igual comportamiento se observó en las cenizas con rangos de 9.0 a 10.0%, la FC a los 4 meses de edad de rebrote estuvo entre 24.3 a 25.1%, para los 8 meses de edad de rebrote fue 23.0% y a los 12 meses de edad de rebrote fue 22.0%, la FDN fue 46.0% a los 4 y 8 meses y para los 12 meses de edad de rebrote fue 42.8% y la FDA a los 4 meses fue 30.6%, a los 8 meses llegó hasta 27.8% y a los 12 meses de edad de rebrote fue 26.9%.

##### 5.1.2 Estimación de la energía bruta y digestible de la harina de *Erythrina* sp (pisonay)

En la Tabla 10, se observa los valores estimados de EB y ED de la harina de pisonay a los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote. Los valores hallados con respecto a la EB a través de la fórmula propuesta por Nehring y Haenlein (1973), fue en promedio 4.2 Mcal/kg de MS para todas las edades de rebrote, según AEC (1978) reportamos 4.1



Mcal/kg de MS y por la fórmula de Noblet y Pérez (1993) fue 3.8 Mcal/kg de MS a los 4 meses de edad de rebrote, para los 8 meses de edad de rebrote fue desde 3.6 a 4.0 Mcal/kg de MS y a los 12 meses de edad de rebrote fue 3.8 Mcal/kg de MS.

La ED al ser estimada con las fórmulas propuestas por Noblet y Pérez (1993), se halló valores de 1.8 Mcal/kg de MS para los 4 meses de edad de rebrote, para los 8 meses de edad de rebrote fue desde 1.8 a 1.9 Mcal/kg de MS y a los 12 meses de edad de rebrote fue 1.9 a 2.0 Mcal/kg de MS y con la otra fórmula se estimó en 1.9 Mcal/kg de MS para los 4 meses de edad de rebrote, para los 8 meses de edad de rebrote fue desde 1.9 a 2.0 Mcal/kg de MS y a los 12 meses de edad de rebrote fue 2.0 Mcal/kg de MS.

De acuerdo a la fórmula propuesta por la NRC (1989), hallamos valores de 2.6 Mcal/kg de MS para los 4 meses de edad de rebrote, para los 8 y 12 meses de edad de rebrote fue 2.7 Mcal/kg de MS.

Tabla 10. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) según edad de rebrote (meses)

Componentes	4 meses		8 meses		12 meses	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<b>Energía Bruta</b>						
Nehring y Haenlein (1973)	4.25	4.26	4.23	4.27	4.23	4.24
AEC (1978)	4.11	4.12	4.09	4.13	4.10	4.11
Noblet y Pérez (1993)	3.77	3.86	3.64	4.03	3.77	3.83
<b>Energía Digestible</b>						
Noblet y Pérez (1993) <sup>1</sup>	1.78	1.88	1.80	1.90	1.92	2.02
Noblet y Pérez (1993) <sup>2</sup>	1.93	1.98	1.96	2.09	2.05	2.06
NRC (1989)	2.61	2.63	2.71	2.71	2.73	2.75

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

AEC: Alimentation Equilibre Commentry, NRC: National Research Council

### 5.1.3 Posibilidades de uso de harina de pisonay en la alimentación de monogástricos

Los resultados hallados son promisorios, para cubrir los requerimientos nutricionales de PC en aves, cerdos, conejos y cuyes, se necesitan de 13 hasta 24% de proteína, valores que la harina de pisonay puede aportar a los animales monogástricos. Los requerimientos de FC para los animales monogástricos están entre 2.5 a 17.0%, valores que sugieren, que fácilmente la harina de hojas y peciolos del pisonay podría

utilizarse como complemento o suplemento nutricional, se observa lo contrario con el extracto etéreo que no cubriría los requerimientos que necesitan los conejos y cerdos. El valor nutricional de FDN en la harina de pisonay aporta el doble que requieren los conejos y cerdos, igual comportamiento se observa con la FDA para conejos. La energía digestible para los conejos sería fácilmente cubierta por la harina de pisonay que fue estimada a través de la fórmula de la NRC (1989), para cerdos y cuyes se tendría que adicionar alguna otra fuente energética, ya que con las estimaciones realizadas con las fórmulas de Noblet y Pérez (1993) no se cubriría los requerimientos nutricionales de cerdos, conejos y cuyes.

## 5.2 Discusión

La cantidad de MS reportada en el presente trabajo fue superior al valor hallado en la *Erythrina indica* que fue 89.3% (31), fue similar al rango máximo (92.2%) reportado en la *Erythrina americana* (34) y también está dentro del rango (90.0 a 95.0%) indicado para la *Erythrina glauca* (26) (27), este valor reportado en la harina de pisonay nos permitirá establecer el consumo de nutrientes, el balance nutricional, y el cálculo de raciones, para ajustar la suplementación de los animales en las épocas y cantidades adecuadas (88).

La PC en la harina de pisonay de 4 y 8 meses de edad de rebrote fue similar al rango superior (20.7%) de la *Erythrina americana* (34) y con respecto a los 12 meses de edad de rebrote se demostró que fue similar a la *Erythrina abyssinica* y *Erythrina bentipoeme* que tienen un valor promedio de 19.35% (25). La harina de pisonay en todas las edades de rebrote fueron inferiores a los reportados en la *Erythrina brucei*, *Erythrina burana*, *Erythrina melanacantha*, *Erythrina poeppigiana* y *Erythrina variegata* quienes estuvieron en rangos de 22.0 a 35.4% (25), así mismo con la *Erythrina glauca* quienes tenían valores de 21.3 a 28.7% (26) (27), también al ser comparados con la *Erythrina berteriana* donde hallaron valores de 29.2% (28), en la *Erythrina goldmanii* fue 25.0% (29) y de 24.35% en la *Erythrina indica* (31), estos porcentajes para los monogástricos tienen relativamente poco valor, ya que estos animales no emplean las formas de nitrógeno no proteico (urea, sales de amonio, nitrato, amidas, etc.) como los rumiantes (21).

El EE reportado en la harina de pisonay fue inferior al ser comparado con la *Erythrina glauca*, que en promedio tenía 3.2% (26) (27), esto nos indicaría que no podría inducir procesos de rancidez (21).

La cantidad de ceniza hallada en la harina de pisonay fue inferior al valor reportado (13.4%) en la *Erythrina glauca* (26) (27) y fue similar al resultado reportado ( $9.8 \pm 0.3\%$ ) en la *Erythrina americana* (34), en los follajes de árboles forrajeros es común tener valores



cercanos o inclusive ligeramente superiores al 10% (21), la cenizas nos ayudan a determinar la cantidad de materia orgánica MO y NDT, además, de la presencia de adulterantes minerales (80).

La FC en la harina de pisonay al ser comparada con otras especies arbustivas, es superior en más del doble que la harina de hojas de *Leucaena leucocephala* (32) y de *Moringa oleífera* (33), al ser un valor alto se tendría una fracción relativamente indigestible para los animales monogástricos, probablemente ocasionaría disminución en la ingestión y la digestibilidad de la MS (21).

La cantidad de FDN reportada en el presente trabajo fue superior al valor hallado en la *Erythrina melanacantha* y *Erythrina variegata* que en promedio tienen 36.2% (25), la harina de pisonay de 4 y 8 meses de edad de rebrote fue similar al valor (47.9%) hallado en la *Erythrina indica* (31) y también al ser comparado con la *Erythrina burana* (25). La harina de pisonay en todas las edades de rebrote fueron inferiores a los reportados en la *Erythrina abyssinica*, *Erythrina bentipoeme*, *Erythrina brucei* y *Erythrina poeppigiana* quienes estuvieron en rangos de 48.9 a 58.2% (25), así mismo con la *Erythrina glauca* quienes tenían valores de 47.7 a 53.5% (26) (27), también al ser comparados con la *Erythrina berteriana* donde hallaron valores de 58.5% (28), de 53.3% en la *Erythrina goldmanii* (29) y además con la *Erythrina americana* (34). Este valor hallado en la harina de pisonay (> 47.0%) nos indica que tendría un mejor consumo voluntario de MS en los monogástricos (92).

La FDA en la harina de pisonay de 8 y 12 meses de edad de rebrote fue similar a la *Erythrina melanacantha* y *Erythrina variegata* que tenían valores de 26.7 y 27.0% respectivamente (25) y a los 4 meses de edad de rebrote está dentro del rango (28.8 a 43.0%) indicado para la *Erythrina glauca* (26) (27). La harina de pisonay en todas las edades de rebrote fueron inferiores a los reportados en la *Erythrina abyssinica*, *Erythrina bentipoeme*, *Erythrina brucei*, *Erythrina burana* y *Erythrina poeppigiana* quienes estuvieron en rangos de 22.0 a 35.4% (25), también al ser comparados con la *Erythrina berteriana* donde hallaron valores de 38.8% (28) y de 38.93% en la *Erythrina goldmanii* (29), y además con la *Erythrina americana* (34). Este valor hallado en la harina de pisonay (> 30.8%) nos indica que tendría una mejor digestibilidad de la MS en los monogástricos (92).

Estas diferencias probablemente se deben a la especie evaluada, la frecuencia de cosecha, poda o rebrote (51), además de la parte a evaluar del follaje (61), el follaje a ser utilizado para la alimentación animal y otros factores que se relacionan con la producción o rendimiento de la biomasa (53) (54) (55) (56).



La EB hallada en la harina de pisonay con las fórmulas Nehring y Haenlein (1973), AEC (1978) y Noblet y Pérez (1993) en todas las edades de rebrote fueron inferiores a los reportados en la *Erythrina glauca* y *Erythrina indica*, que tenían valores de 4.68 y 4.48 Mcal/kg de MS respectivamente (26) (31). Este valor sería de utilidad para dietas en monogástricos con bajos niveles de fibra, como la harina de pisonay, además que nos puede ayudar con buena precisión a predecir el valor de la ED del pisonay (21).

La ED estimada en la harina de pisonay con las fórmulas de Noblet y Pérez (1993) en todas las edades de rebrote, que varían desde 1.7 a 2.0 Mcal/ kg de MS, fueron superiores al valor hallado (1.0 Mcal/kg) en el forraje fresco de la *Erythrina poeppigiana* (63) y a través de la fórmula propuesta por la NRC (1989) se asemeja al valor obtenido (2.7 Mcal/kg MS) en la harina de *Erythrina poeppigiana* (caraca) de 60 días de rebrote (68) y en un estudio llevado a cabo con el mismo forraje del pisonay se estimó en 2.6 Mcal/kg MS (62), esto nos quiere decir que será la energía absorbida por el animal (86).

La similitud existente con respecto a la composición nutricional y estimación de la EB y ED de la harina de pisonay de acuerdo a la edad de rebrote estudiada, probablemente se deba a que las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, por ende una mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje a través del tiempo (66), esto es corroborado por Sotelo et al. (2016), nos indican que las leguminosas forrajes con un menor contenido de fibra cruda (< 25%) y mayor cantidad de ELN (> 40%), en la harina de pisonay se obtuvo desde de 44.1 a 46.5%, por lo tanto, tiene mayor ED, esto permite que la energía sea aprovechada mejor, dado que el ELN contiene carbohidratos solubles de fácil digestión.

Los valores nutricionales de la harina de pisonay con respecto a la PC fue 20% y la ED entre 1.8 a 2.6 Mcal/kg, estos indicadores nos demostrarían tener una potencial alternativa forrajera que puede cubrir las necesidades nutricionales, además de su utilización como insumo o suplemento proteico en la elaboración de alimento concentrado para cuyes, conejos, aves y cerdos, como ocurre con la *Erythrina glauca* que por su contenido de PC (21.3 a 28.7%), es una especie promisoría para la utilización como suplemento proteico en la alimentación de monogástricos (26) (27), además, de ser comparable con la *Erythrina indica*, ya que proporciona proteína cruda (24.35%) adecuada, como alternativa en los regímenes de alimentación para diferentes sistemas de producción animal (31) y por sus características nutricionales que están dentro de los rangos, similar *Erythrina americana*, puede usarse como única fuente de alimento durante períodos cortos en respuesta a contingencias ambientales (34).



La cantidad de proteína cruda en la harina de pisonay, se comportaría como potencial suplemento proteico, por su similitud con la moringa (*Moringa oleifera*), morera (*Morus alba*), trichanthera (*Trichanthera gigantea*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) (30) y también se puede usar en dietas para reemplazar o combinar con ingredientes proveniente de alimentos convencionales como fuente proteica (32) además de considerar el porcentaje de inclusión para no provocar algún desorden en el crecimiento de pollos (33), indicadores que fácilmente pueden cubrir los requerimientos nutricionales y ser utilizados como suplemento proteico y energético para cuyes en etapa de crecimiento y engorde (64) (65). También la adición de 1 y 2% de harina de *Erythrina edulis* (pajuro) en el concentrado para cuyes que recibieron dietas isoproteicas (PC: 20%) e isoenergéticas (ED: 3.15 Mcal/kg MS) se logró mejorar la conversión alimenticia y rendimiento de carcasa (72) y con la inclusión del 20% de harina de *Erythrina poeppigiana* (caraca) en el concentrado para la etapa de engorde (PC: 14 a 16%) produjo un mayor consumo de alimento pero a la vez un menor rendimiento de carcasa (14).

También podemos indicar que la harina de pisonay puede ser un alimento alternativo no convencional para conejos, al ser una opción alimenticia alternativa como la *Erythrina poeppigiana* por su contenido de proteína (24.2%), y probablemente la cantidad de fibra hallada en el pisonay (< 25.0%) no provocaría reducción en la ingesta de forraje (69) y ser parte de la dieta en cerdos como la *Erythrina glauca* y *Erythrina variegata* en sistemas de pequeña escala, por su aceptabilidad (86.3%) y adecuada digestibilidad del 74.3% (26) (70). En aves de postura se evaluaron dos tratamientos con contenido del 3% y del 5% de harina de pisonay, ambos tratamientos mejoraban la producción en más de un 80%, con un peso promedio de 68 g; además, aumentó el color de la yema (parámetro importante de calidad) con mejores calificaciones de coloración en 7.06 y 8.66 respectivamente, como consecuencia de la presencia de carotenoides y xantofilas (73).

El pisonay al ser un árbol forrajero que crece en todo el valle interandino de Abancay y utilizado para la alimentación animal especialmente en época seca, sería un forraje prometedor como harina y convertirse en un insumo proteico en la elaboración de concentrados para la alimentación de cuyes, es comparable a las hojas de *Erythrina indica* y *Erythrina brucei*, por su contenido de proteína, que en promedio tienen 19.5 y 21.3% respectivamente, pueden considerarse una fuente potencial de proteínas para complementar los forrajes de mala calidad y puede ayudar a sustituir las costosas proteínas concentradas (71) (27), 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 (9) y la utilización de harinas de follajes de



plantas tropicales, en sustitución parcial o total de proteínas, son una ventaja por ser fuentes autóctonas de alimentos que pueden reducir los costos en la alimentación de monogástricos (19) hasta un 30% como suplemento alimenticio en cuyes mestizos de 30 días de edad no afectaron el comportamiento productivo en comparación a cuyes alimentados con concentrado comercial a voluntad más King grass CT-115 (75).



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

La composición nutricional de la harina de pisonay a los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote para la MS, PC, EE y Cenizas fue 92.0, 20.0, 1.0 y 9.0% respectivamente y con respecto a la FC, FDN y FDA fue desde 22.4 a 25.1, 42.5 a 47.0 y 26.5 a 30.8% respectivamente.

La estimación de la EB y ED a través de las formulas propuestas denotó una similitud numérica en las tres edades de rebrote (4, 8 y 12 meses), que va desde 3.6 a 4.2 y 1.8 a 2.7 Mcal/MS respectivamente.

La harina de hojas y peciolo del pisonay tiene potencial forrajero para cubrir las necesidades nutricionales de conejos, aves y cerdos con base a información científica disponible; con mayor énfasis para cuyes como suplemento parcial o total de las proteínas provenientes de alimentos convencionales.

#### 6.2 Recomendaciones

La composición nutricional del pisonay como forraje fresco y harina debe ser evaluada en época seca y de lluvia, sin dejar de lado la producción forrajera.

Implementar bancos de proteína de pisonay para ser utilizada con mayor eficiencia por los propietarios de granjas del sector de Mosoccpampa que realizan la crianza de animales domésticos.

Corroborar los valores estimados de la EB a través de bomba calorimétrica y la ED a través de la digestibilidad con jaulas metabólicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gallego J, Morales S, Vivas N. Especies arbóreas y arbustivas forrajeras en sistemas de producción ganadera del trópico bajo del departamento del Cauca. *Rev Colomb Cienc Anim* [Internet]. 2011;4(1):41–6. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/0ef4/0d3676985ef9ae7ffe11f0aba7ff40f39b38.pdf>.
2. Olivares-Pérez J, Avilés-Nova F, Albarrán-Portillo B, Rojas-Hernández S, Castelán-Ortega OA. Identification, uses and measurement of fodders legumes trees in south farmers of the state of Mexico. *Trop Subtrop Agroecosystems* [Internet]. 2011;14(2):739–48. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a32.pdf>
3. Toral-Pérez OC, Delgado-Rodríguez M, Gutiérrez-Otero MA, Iglesias-Gómez JM. Prospection and collection of arboreal and shrub species in the northeast area of Yaguajay, Cuba. *Av en Investig Agropecu* [Internet]. 2019;23(3):55–67. Available from: <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2019/sept/4.pdf>
4. Yinnesu A, Nurfeta A. 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. *Trop Anim Health Prod*. 2012;44(3):445–51.
5. Kongmanila D, Bertilsson J, Ledin I, Wredle E. Effect of feeding different levels of foliage from *Erythrina variegata* on the performance of growing goats. *Trop Anim Health Prod*. 2012;44(7):1659–65.
6. Jiménez-Ferrer G, Mendoza-Martínez G, Soto-Pinto L, Alayón-Gamboa A. Evaluation of local energy sources in milk production in a tropical silvopastoral system with *Erythrina poeppigiana*. *Trop Anim Health Prod*. 2015;47(5):903–8.
7. León M, Martínez S, Pedraza M, González C. Chemical composition and in vitro digestibility indicators from fourteen tropical forages. *Rev Prod Anim* [Internet]. 2012;24(1). Available from: [https://www.researchgate.net/publication/331991193\\_Indicadores\\_de\\_la\\_composicion\\_quimica\\_y\\_digestibilidad\\_in\\_vitro\\_de\\_14\\_forrajes\\_tropicales](https://www.researchgate.net/publication/331991193_Indicadores_de_la_composicion_quimica_y_digestibilidad_in_vitro_de_14_forrajes_tropicales)
8. Apraiz-Guerrero JE, Fernandez-Pármol L, Hernandez-González A. Effect of the usage of grasses and non conventional feed on the productive behavior, carcass performance and meat quality of guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Rev Vet y Zootec* [Internet]. 2008;2(2):29.34. Available from: <http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v2n2a03.pdf>
9. Macancela-Urdiales WG, Soca-Pérez M, Sánchez-Santana T. Productive indicators in *Cavia porcellus*, fed five forage species in the Austro region of Ecuador. *Pastos y Forrajes* [Internet]. 2019;42(4):262–7. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n4/2078-8452-pyf-42-04-262.pdf>
10. Huarcaya Miraya MG. Las hojas y frutos del antiporoto (*Erythrina edulis*) en la alimentación animal en Kerapata Tamburco Abancay 2018 [Internet]. Universidad Tecnológica de los Andes; 2020. Available from: <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/260>
11. Choque H, Huaita A, Cárdenas LA, Ramos R. Effect of regrowth age the ruminal degradation of pisonay (*Erythrina* sp) in Andean valley of Abancay. *J High Andean Res*. 2018;20(2):189–202.
12. Cárdenas-Villanueva LA, Bautista-Pampa JL, Zegarra-Paredes JL, Ramos-Zuniga R, Gómez-Quispe OE, Barreto-Carbajal JS. Degradabilidad in situ de la materia seca y proteína cruda de las hojas y peciolo del pisonay (*Erythrina falcata*). *Rev Investig Vet del Perú*. 2016;27(1):39.
13. Cárdenas-Villanueva LA, Bautista Pampa JL, Zegarra Paredes JL, Ramos Zuñiga R. Degradabilidad ruminal de la fibra del follaje pisonay (*Erythrina* sp). *Rev Complut Ciencias Vet*. 2013;7(1):42–9.



14. Meza GA, Loor NJ, Sánchez AR, Avellaneda JH, Meza CJ, Vera DF, et al. Leaf meals and tropical shrubby foliage (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* and *Hibiscus rosa-sinensis*) in feeding guinea pigs (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Rev Fac Med Vet Zoot.* 2014;61(3):258–69.
15. Apráez-Guerrero JE, Gómez-Gómez TC, Calpa-Tello JS. Productive behavior of guinea pigs (*Cavia porcellus*) under systems with gramineae silvopastoral in mild climate in the department of Nariño, Colombia. *Rev Investig Pecu [Internet].* 2013;2(2):41–8. Available from: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/990/1769>
16. Ramírez J., Leonard I, Kijora C, López B. Efecto de la edad de rebrote y la época, en el comportamiento de la proteína bruta y la fibra, en el pasto *Brachiaria decumbens*. *Med Vet.* 2003;20(1):1–4.
17. Sánchez A, Faria J. Efecto de la edad de la planta en el contenido de nutrientes y digestibilidad de *Leucaena leucocephala* Alexander. *Zootec Trop [Internet].* 2008;26(2):133–9. Available from: <http://www.bioline.org.br/pdf?zt08017>
18. Araque C, Quijada T, D'Aubeterre R, Páez L, Sánchez A, Espinoza F. Bromatología del mataratón (*Gliricidia sepium*) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela. *Zootec Trop [Internet].* 2006;24(4):393–9. Available from: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692006000400001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000400001)
19. Savón L, Gutiérrez O, Ojeda F, Scull I. Tropical foliage meals: a potential alternative for feeding monogastric species. *Pastos y Forrajes [Internet].* 2005;28(1):69–79. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121628006>
20. Rosales Méndez M. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. In: Sánchez MD, Rosales Méndez M, editors. *Agroforestería para la producción animal en América Latina [Internet].* FAO; 1996. p. 145–60. Available from: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Rosales9.PDF>
21. Ayala Burgos A, Cetina Góngora R, capetillo Leal C, Zapata Campos C, Sandoval Castro C. Composición Química - Nutricional de Árboles Forrajeros [Internet]. Merida: Universidad Autónoma de Yucatán; 2006. 56 p. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/277141987\\_Composicion\\_Quimica-Nutricional\\_de\\_Arboles\\_Forrajeros](https://www.researchgate.net/publication/277141987_Composicion_Quimica-Nutricional_de_Arboles_Forrajeros)
22. Quispe US, Pineda ME, Zea D. Caracterización de sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en Tamburco-Apurímac. In: XIX Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias. Puno; 2007.
23. Itzá Ortiz FM, Lara y Lara PE, Magaña Magaña MÁ, Sanginés García JR. Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda Mateo. *Zootec Trop [Internet].* 2010;28(4):477–87. Available from: <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v28n4/art04.pdf>
24. Paredes-López D, Robles-Huaynate R, Córdova-Chumbes O, De la Cruz-Paucar E. Effect of the *Erythrina* sp. leaves powder on biochemical profile, biological parameters and liver histopathology of *Cavia porcellus*. *Sci Agropecu.* 2017;8(4):297–304.
25. Larbi A, Kurdi OI, Said AN, Hanson J. Classification of *Erythrina* provenances by rumen degradation characteristics of dry matter and nitrogen. *Agrofor Syst.* 1996;33(2):153–63.
26. Régnier C, Bocage B, Archimède H, Noblet J, Renaudeau D. Digestive utilization of tropical foliages of cassava, sweet potatoes, wild cocoyam and erythrina in Creole growing pigs. *Anim Feed Sci Technol.* 2013;180(1–4):44–54.
27. Geta T, Nigatu L, Animut G. Evaluation of potential yield and chemical composition of selected indigenous multi-purpose fodder trees in three districts of Wolayta zone, Southern Ethiopia. *World Appl Sci J.* 2014;31(3):399–405.
28. Flores OI, Bolívar DM, Botero JA, Ibrahim MA. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de ruminantes en el trópico [Internet]. Vol. 10, *Livestock Research for Rural*



- Development. 1998. p. 8–15. Available from: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd10/1/cati101.htm>
29. Pinto R, Gómez H, Martínez B, Hernández A, Medina F, Ortega L, et al. Forage species utility in silvopastoral system in the valley central of Chiapas. *Av en Investig Agropecu.* 2004;8(2):1–11.
  30. Rodríguez R, González N, Alonso J, Domínguez M. Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Rev Cuba Cienc Agrícola [Internet].* 2014;48(4):371–8. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193033033011.pdf>
  31. Best DA, Lara-Lara PE, Aguilar-Urquiza E, Cen-Chuc FE, Ku-Vera JC, Sanginés-García JR. In vivo digestibility and nitrogen balance in sheep diets with foliage of fodder trees in substitution for soybean meal. *Agrofor Syst.* 2017;91(6):1079–85.
  32. Adekojo SA, Adama TZ, Aremu A, Ijaiya AT, Owoleke OE, Ibrahim A. Effects of Dietary Inclusion of Differently Processed *Leucaena leucocephala* Leaf Meal on Carcass Characteristics of Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Int J Food Sci Nutr Eng.* 2014;4(5):118–27.
  33. Tijani LA, Akanji AM, Agbalaya K, Onigemo M. Comparative Effects of Graded Levels of Moringa Leaf Meal on Haematological and Serum Biochemical Profile of Broiler Chickens. *J Agric Sci.* 2016;11(3):137.
  34. Hernández-Espinoza DF, Ramos-Juárez JA, González-Garduño R, Lagunes-Espinoza L del C, López-Herrera MA, Oliva-Hernández J. *Erythrina americana* Miller foliage intake in Blackbelly x Pelibuey ewes. *Rev Mex Cienc Pecu [Internet].* 2020;11(1):70–88. Available from: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.5226>
  35. Shelton M. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. *Unasilva 200 [Internet].* 2000;51(1):25.32. Available from: <http://www.fao.org/3/q1093s/q1093s01.htm#TopOfPage>
  36. Velásquez Holguín LF, Montoya Yepes DF, Jiménez Rodríguez ÁA, Murillo Arango W, Méndez Arteaga JJ. Género *Erythrina*: Actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico [Internet]. Sello Editorial Universidad de Tolima; 2019. 132 p. Available from: <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2878/2/Erythrina.pdf>
  37. Kass DL. *Erythrina* species - Pantropical multipurpose tree legumes. In: Gutteridge RC, Shelton HM, editors. *Forage tree legumes in tropical agriculture [Internet].* Queensland, Australia: Tropical Grassland Society of Australia Inc.; 1994. p. 84–96. Available from: <https://www.betuco.be/coverfodder/Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture FAO.pdf>
  38. Bean A. A taxonomic revision of *Erythrina* L.(Fabaceae: Faboideae) in Australia. *Austrobaileya [Internet].* 2008;7(4):641–58. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/271386547\\_A\\_taxonomic\\_revision\\_of\\_Erythrina\\_L\\_Fabaceae\\_Faboideae\\_in\\_Australia](https://www.researchgate.net/publication/271386547_A_taxonomic_revision_of_Erythrina_L_Fabaceae_Faboideae_in_Australia)
  39. Lozano CE, Zapater MA. El género *Erythrina* (Leguminosae) en Argentina. *Darwiniana [Internet].* 2010;48(2):179–200. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=66919229005&cid=23475>
  40. Farfan-Rios W, Garcia-Cabrera K, Salinas N, Raurau-quisiyupanqui MN, Silman MR. Lista anotada de árboles y afines en los bosques montanos del sureste peruano: la importancia de seguir recolectando. *Rev Peru Biol.* 2015;22(2):145–74.
  41. Gilbert B, Favoreto R. *Erythrina* sp. Fabaceae (Leguminosae, Faboideae). *Rev Fitos [Internet].* 2012;7(3):185–97. Available from: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/15130/2/2.pdf>
  42. Araujo Abanto VA. Estudio taxonómico e histológico de seis especies del género *Erythrina* L. (Fabaceae) [Internet]. Universidad Nacional de San Marcos; 2005. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2152>
  43. Perez Rojas W. Formulación y evaluación del follaje de *Erythrina* (*Erythrina berteriana*



- Urban) como sustituto parcial en raciones para pollos parrilleros [Internet]. Universidad Nacional de San Martín; 2000. Available from: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/105>
44. Piña Arevalo R. Distanciamiento y diámetro de estacas en cercos vivos y su efecto sobre las características agronómicas en *Erythrina amazónica* Krukoff, “Amasisa” con espina. Iquitos- Loreto. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2013.
  45. Molina Carrasco MV. Eficacia del desarrollo de la *Erythrina americana* (*Erythrina colorín*) como barrera viva para el control de la erosión en la quebrada San Antonio, distrito de Chosica, Lima, 2017 [Internet]. Ucv. UNiversidad César Vallejo; 2017. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30932>
  46. Avendaño N, Castillo A. El género *Erythrina* L. (Leguminosae-Faboideae) en Venezuela. *Acta Bot Venez* [Internet]. 2014;37(2):123–64. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=66919229005&cid=23475>
  47. Inciarte I, Perez A, Hernández E, Sandoval C, Otárola-Luna F, Márquez M, et al. Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Mérida, Venezuela. *Rev Electrónica Conoc Libr y Licenciamiento* [Internet]. 2015;9:140–53. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Otalora-Luna/publication/280922003\\_Presencia\\_del\\_chachafruto\\_Erythrina\\_edulis\\_Triana\\_ex\\_Micheli\\_en\\_el\\_estado\\_Merida\\_Venezuela/links/55cb4f1808aeca747d6be43a/Presencia-del-chachafruto-Erythrina-edulis-Triana-ex](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Otalora-Luna/publication/280922003_Presencia_del_chachafruto_Erythrina_edulis_Triana_ex_Micheli_en_el_estado_Merida_Venezuela/links/55cb4f1808aeca747d6be43a/Presencia-del-chachafruto-Erythrina-edulis-Triana-ex)
  48. Arango Bedoya O, Bolaños Patiño V, Ricaurte Garcia D, Caicedo M, Guerrero Y. Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Rev Univ salud* [Internet]. 2012;14(2):161–7. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v14n2/v14n2a06.pdf>
  49. Escamilo S. El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investig Soc*. 2012;16(28):16–20.
  50. Cipagauta Hernández M, Orjuela Chaves JA. Utilización de técnicas agrosilvopastoriles para contribuir a optimizar el uso de la tierra en el área intervenida de la amazonia [Internet]. © Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica Fonade. Florencia: Produmedios; 2003. 60 p. Available from: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18519>
  51. Chandrashekara UM. Effects of pruning on radial growth and biomass increment of trees growing in homegardens of Kerala, India. *Agrofor Syst*. 2007;69(3):231–7.
  52. Muschler RG, Nair PKR, Meléndez L. Crown development and biomass production of pollarded *Erythrina berteroa*, *E. fusca* and *Gliricidia sepium* in the humid tropical lowlands of Costa Rica. *Agrofor Syst*. 1993;24(2):123–43.
  53. Kongmanila D, Bertilsson J, Ledin I, Wredle E. Utilisation of some *Erythrina* species and biomass production of *Erythrina variegata*. *Livest Res Rural Dev* [Internet]. 2012;24(8). Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/daov24137.htm>
  54. Alvarado MF, Rodríguez JC, Cerrato M. Carbon and nitrogen concentration at six pruning frequencies in *Gliricidia sepium* and *Erythrina* sp. *Tierra Trop*. 2007;3(2):139–48.
  55. Valarezo J, Ochoa D. Performance and nutritional assessment of shrub forage species in the south of the Ecuadorian Amazon. *Rev cedamaz*. 2013;3(1):113–24.
  56. Russo RO, Budowski G. Effect of pollarding frequency on biomass of *Erythrina poeppigiana* as a coffee shade tree. *Agrofor Syst* [Internet]. 1986;4(1):145–62. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/344099787\\_Effect\\_of\\_pollarding\\_frequency\\_on\\_biomass\\_of\\_Erythrina\\_poeppigiana\\_as\\_a\\_coffee\\_shade\\_tree](https://www.researchgate.net/publication/344099787_Effect_of_pollarding_frequency_on_biomass_of_Erythrina_poeppigiana_as_a_coffee_shade_tree)
  57. Camero A, Franco M. Improving rumen fermentation and milk production with legume-tree fodder in the tropics. *Agrofor Syst*. 2001;51(2):157–66.
  58. Aregheore EM, Perera D. Effects of *Erythrina variegata*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena*



- leucocephala on dry matter intake and nutrient digestibility of maize stover, before and after spraying with molasses. *Anim Feed Sci Technol*. 2004;111(1-4):191-201.
59. Ascencio-Rojas L, Valles-de la Mora B, Castillo-Gallegos E, Ibrahim M. In situ ruminal degradation and effective degradation of foliage from six tree species during dry and rainy seasons in Veracruz, Mexico. *Agrofor Syst*. 2019;93(1):123-33.
  60. Jiménez-Ferrer G, López-Carmona M, Nahed-Toral J, Ochoa-Gaona S, de Jong B. Fodder trees and shrubs of the north-tzotzil region of Chiapas, Mexico. *Vet Mex* [Internet]. 2008;39(2):199-213. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v39n2/v39n2a9.pdf>
  61. Benavides JE. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. In: Sánchez MD, Rosales Méndez M, editors. *Agroforestería para la Producción animal en Latinoamérica* [Internet]. FAO; 1996. p. 367-94. Available from: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/bnvdes23.pdf>
  62. Cárdenas-Villanueva LÁ, Sarmiento-Casavilca VH, Ramos-Zuniga R. Productive and technological characteristics into guinea pig meat (*Cavia porcellus*) using pisonay based-diets (*Erythrina* sp). *J High Andean Res*. 2018;20(4):451-60.
  63. Sotelo A, Contreras C, Norabuena E, Castañeda R, Van Heurck M, Bullón L. Digestibility and digestible energy of five tropical forage tree legumes. *Rev la Soc Química del Perú*. 2016;82(3):306-14.
  64. Camino J, Hidalgo V. Evaluation of two genotypes of guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed with concentrated and exclusion of forage. 2014;25(2):190-7.
  65. Huamaní G, Zea O, Gutiérrez G, Vílchez C. Effect of three feeding systems on productive performance and on carcass fatty acid profile in guinea pigs. *Rev Inv Vet Perú*. 2016;27(3):486-94.
  66. Botero R, Russo R. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. In: Sánchez MD, Rosales Méndez M, editors. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica* [Internet]. FAO; 1996. p. 121-43. Available from: [www.fao.org/ag/aga/AGAP/frg/AGROFOR1/Botero8.htm](http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/frg/AGROFOR1/Botero8.htm)
  67. Hernández J, Castillo M, Garay V, Mora A, Caamaño J, Urbina A. Efecto de la harina de chachafruto (*Erythrina edulis triana ex micheli*) como suplemento en la alimentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Agric Andin* [Internet]. 2011;18:12-28. Available from: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39300/art2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  68. Meza-Bone GA, Sánchez-Laiño AR, Meza-Bone MA, Meza-Bone CJ, Franco-Suescum NG, Avellaneda-Cevallos JH, et al. Tropical shrub forage in vivo digestibility for guinea pigs feeding (*Cavia porcellus* Linnaeus), in the Ecuadorian Littoral. *Vet y Zootecnia* [Internet]. 2012;6(2):8-16. Available from: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n2a01.pdf>
  69. Sánchez-Laiño A, Torres-Navarrete ED, Buste-Castro F, Barrera-Álvarez A, Sánchez-Torres J. Tropical forages as a dietary alternative in fattening rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.). *Acta Agron*. 2018;67(2):333-9.
  70. Espinosa Sifontes E, Pedraza Olivera R. Indicadores del valor nutritivo del follaje de leguminosas arbustivas tropicales para rumiantes y cerdos. *Rev prod anim* [Internet]. 2013;25(3):16-9. Available from: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2867>
  71. Amanullah MM, Somasundaram E, Alagesan A, Vaiyapuri K, Pazhanivelan S, Sathyamoorthi K. Evaluation of Some Tree Species for Leaf Fodder in Tamil Nadu. *Res J Agric Biol Sci* [Internet]. 2006;2(6):552-3. Available from: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/rjabs/rjabs/2006/552-553.pdf>
  72. Guevara J, Díaz P, Bravo N, Vera M, Crisóstomo O, Barbachán H, et al. Use flour pajuro



- (*Erythrina edulis*) as food supplement in guinea pig – Lima. *Rev Peru Química e Ing Química* [Internet]. 2013;16(2):21–8. Available from: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/download/6590/5859/>.
73. Mamani Titi EA. Efecto de la harina de hojas de pisonay (*Erythrina* sp) en la coloración de la yema de huevo en gallinas de postura Hy Line Brown [Internet]. Universidad Nacional del Altiplano; 2014. Available from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2177>
  74. Solarte A. Development of feeding systems for rabbits and guinea pigs, based on sugar cane juice and tree foliages. *Livest Res Rural Dev* [Internet]. 1989;1(1). Available from: <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd1/1/solarte.htm>.
  75. Reyes-Sánchez N, Vivas J, Aguilar J, Hernández J, Caldera N. Guinea pigs (*Cavia porcellus* L.) supplementation with fresh foliage of morera (*Morus alba*) and moringa moringa (*Moringa oleifera*). *Rev Científica*. 2018;18(30):7–13.
  76. Meza GA, Cabrera RP, Morán JJ, Meza FF, Cabrera AC, Meza CJ, et al. Improved fattening guinea pig (*Cavia porcellus* L.) based on tropical forage grasses and shrubs in Quevedo, Ecuador. *IDESIA* [Internet]. 2014;32(3):75–80. Available from: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v32n3/art10.pdf>
  77. Sánchez A, Torres E, Espinoza Í, Sánchez J, Sánchez N, Torres B. Tropical shrub forage in guinea pig fattening (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Rev Amaz Cienc y Tecnol* [Internet]. 2017;6(3):244–9. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413710>
  78. Meza CJ, Cabrera RP, Morán JJ, Cabrera CA, Miele EM, Meza GA. Profitability and production of guinea pigs fed with forage shrubs tropical in rural area of Quevedo, Ecuador. *Cienc y Tecnol*. 2018;11(2):1–7.
  79. Church DC, Pondk WG, Pond R. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Segunda ed. Mexico: Limusa Wiley; 2009. 635 p.
  80. Chauca L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) [Internet]. 1997. Available from: <http://www.fao.org/3/w6562s/w6562s00.htm>
  81. García J, Carabaño R, de Blas C, García A. Importancia del tipo de fibra: nuevos conceptos y ejemplos para su aplicación en cunicultura. In: Rebollar PG, Blas C de, Mateos GG, editors. *XXII Curso de Especialización FEDNA: Avances nutrición y alimentación animal* [Internet]. Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; 2006. p. 85–98. Available from: [https://www.federaciongalegadecaza.com/biblioteca/coello/CIENTIFICAS\\_009.pdf](https://www.federaciongalegadecaza.com/biblioteca/coello/CIENTIFICAS_009.pdf)
  82. de Blas C, Gasa J, Mateos GG. Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA [Internet]. Segunda ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; 2013. 110 p. Available from: [http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas PORCINO\\_2013rev2\\_0.pdf](http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas PORCINO_2013rev2_0.pdf)
  83. Santomá G, Mateos G. Necesidades nutricionales para avicultura: Normas FEDNA [Internet]. Segunda ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal Imprime;; 2018. 195 p. Available from: [http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS\\_FEDNA\\_AVES\\_2018v.pdf](http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_FEDNA_AVES_2018v.pdf)
  84. Colombatto D. Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas. In: 3ª Jornada Abierta de Lechería Claves para el manejo nutricional en sistemas lecheros intensificados [Internet]. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires; 2003. p. 1–10. Available from: <https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/resumencolombatto.pdf>
  85. Cherney DJR. Characterization of forages by chemical analysis. In: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM, editors. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition* [Internet]. New York: CABI Publishing; 2000. p. 281–300. Available from: [http://bardiamond.com/Library/Laboratory/Articles/Chemical\\_Analysis\\_of\\_Forages.pdf](http://bardiamond.com/Library/Laboratory/Articles/Chemical_Analysis_of_Forages.pdf)



- f
86. McDonald P, Edwards RA, Greenhal GHJ, Morgan CA, Sinclair LA, Wilkinson RG. *Animal Nutrition*. Seventh ed. London: Pearson; 2010. 692 p.
  87. Gagliostro G, Gaggiotti M. Evaluación de alimentos para rumiantes e implicancias productivas [Internet]. Sitio Argentino de Producción Animal. 2002. p. 1–16. Available from: [https://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/14-evalalimentos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/14-evalalimentos.pdf)
  88. Posada SL, Angulo J, Restrepo LF. Validation of different methods for dry matter determination in forages. *Livest Res Rural Dev* [Internet]. 2007;19(3). Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd19/3/posa19042.htm>
  89. San Miguel Ayanz A. Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado [Internet]. *Alimentación y Nutrición del ganado*. 2006. 9 p. Available from: [http://www2.montes.upm.es/Dptos/Dsrn/SanMiguel/APUNTES\\_PRESENTACIONES/PASCICULTURA Y SAF/Nutrición animal texto 2012.pdf](http://www2.montes.upm.es/Dptos/Dsrn/SanMiguel/APUNTES_PRESENTACIONES/PASCICULTURA Y SAF/Nutrición animal texto 2012.pdf)
  90. Calsamiglia S. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. In: Rebollar PG, Blas C de, Mateos GG, editors. XIII Curso de especialización FEDNA: Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes [Internet]. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; 1997. p. 1–16. Available from: [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Uso\\_de\\_Fibra\\_en\\_Rumiantes.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Uso_de_Fibra_en_Rumiantes.pdf)
  91. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J Dairy Sci*. 1991;74(10):3583–97.
  92. Elizondo Salazar JA. Los Forrajes y su componente fibroso. *ECAG Inf* [Internet]. 2009;49(3):40–2. Available from: [http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS\\_PUBLICADOS/2009/139.pdf](http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS_PUBLICADOS/2009/139.pdf)
  93. Posada S, Rosero R, Rodríguez N, Costa A. Comparación de métodos para la determinación del valor energético de alimentos para rumiantes. *Rev MVZ Cordoba*. 2012;17(3):3184–92.
  94. Nehring K, Haenlein GF. Feed evaluation and ration calculation based on net energy. *J Anim Sci*. 1973;36(5):949–64.
  95. Valenzuela Rocha R. Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Stizolobium deeringianum*) en cuyes [Internet]. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2015. Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2139/L51-V34-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  96. Orloff SB, Marble VL. Quality and quality testing. In: Orloff SB, editor. *Intermountain alfalfa management* [Internet]. Oakland, California: University of California Division of Agriculture and Natural Resources; 1995. p. 117–26. Available from: <http://cesiskiyou.ucanr.edu/files/117608.pdf>
  97. Noblet J, Perez JM. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J Anim Sci*. 1993;71(12):3389–98.



## ANEXOS



Tabla 11. Composición nutricional de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) a los 4 meses de edad de rebrote

Componentes	4 meses		
	R1	R2	R3
Materia seca (%)	92.02	92.06	92.24
Proteína cruda (% MS)	19.70	21.02	21.32
Extracto etéreo (% MS)	1.12	1.19	1.20
Cenizas (% MS)	9.23	9.10	9.51
Fibra cruda (% MS)	25.54	25.46	23.19
Extracto libre de nitrógeno (% MS)	44.41	43.23	44.78
Fibra detergente neutro (% MS)	46.67	46.61	47.41
Fibra detergente ácido (% MS)	30.94	31.19	29.73

R1, R2, R3: Repeticiones del análisis nutricional

Tabla 12. Composición nutricional de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) a los 8 meses de edad de rebrote

Componentes	8 meses		
	R1	R2	R3
Materia seca (%)	92.80	92.76	92.72
Proteína cruda (% MS)	19.86	21.42	20.97
Extracto etéreo (% MS)	1.33	1.31	1.20
Cenizas (% MS)	8.45	8.64	11.13
Fibra cruda (% MS)	23.70	22.67	24.18
Extracto libre de nitrógeno (% MS)	46.66	45.96	42.52
Fibra detergente neutro (% MS)	47.17	46.13	45.57
Fibra detergente ácido (% MS)	27.64	27.92	28.04

R1, R2, R3: Repeticiones del análisis nutricional

Tabla 13. Composición nutricional de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) a los 12 meses de edad de rebrote

Componentes	12 meses		
	R1	R2	R3
Materia seca (%)	92.12	92.33	92.25
Proteína cruda (% MS)	19.52	20.05	19.63
Extracto etéreo (% MS)	1.72	1.73	1.65
Cenizas (% MS)	9.88	9.64	9.48
Fibra cruda (% MS)	22.40	22.19	22.61
Extracto libre de nitrógeno (% MS)	46.48	46.39	46.63
Fibra detergente neutro (% MS)	43.83	41.50	43.19
Fibra detergente ácido (% MS)	27.84	25.66	27.25

R1, R2, R3: Repeticiones del análisis nutricional

Tabla 14. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) a los 4 meses de edad de rebrote

Componentes	4 meses			
	R1	R2	R3	
Energía Bruta	Nehring y Haenlein (1973)	4.2463	4.2771	4.2489
	Alimentation Equilibre Commentry (1978)	4.0950	4.1251	4.1136
	Noblet y Pérez (1993)	3.6640	3.9584	3.8286
Energía Digestible	Noblet y Pérez (1993) <sup>1</sup>	1.986	1.871	1.639
	Noblet y Pérez (1993) <sup>2</sup>	1.886	1.940	2.042
	National Research Council (2001)	2.607	2.599	2.647

R1, R2, R3: Repeticiones del análisis nutricional

Tabla 15. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) a los 8 meses de edad de rebrote

Componentes		8 meses		
		R1	R2	R3
Energía Bruta	Nehring y Haenlein (1973)	4.2780	4.2878	4.1853
	Alimentation Equilibre Commentry (1978)	4.1405	4.1566	4.0416
	Noblet y Pérez (1993)	4.1488	4.2880	3.0633
Energía Digestible	Noblet y Pérez (1993) <sup>1</sup>	2.000	1.892	1.671
	Noblet y Pérez (1993) <sup>2</sup>	2.110	2.188	1.773
	National Research Council (2001)	2.716	2.707	2.703

R1, R2, R3: Repeticiones del análisis nutricional

Tabla 16. Estimación de la energía bruta y digestible (Mcal/kg de MS) de la harina de *Erythrina* sp (pisonay) a los 12 meses de edad de rebrote

Componentes		12 meses		
		R1	R2	R3
Energía Bruta	Nehring y Haenlein (1973)	4.2260	4.2436	4.2418
	Alimentation Equilibre Commentry (1978)	4.0967	4.1155	4.1112
	Noblet y Pérez (1993)	3.6870	3.8777	3.8403
Energía Digestible	Noblet y Pérez (1993) <sup>1</sup>	2.120	2.018	1.776
	Noblet y Pérez (1993) <sup>2</sup>	2.026	2.081	2.061
	National Research Council (2001)	2.710	2.782	2.729

R1, R2, R3: Repeticiones del análisis nutricional



Figura 3. Arboles de pisonay en rebrote, ubicados como cerca viva



Figura 4. Proceso de cosecha del forraje de pisonay de 12 meses de edad de rebrote



Figura 5. Proceso de secado de las hojas y peciolo de pisonay bajo sombra



Figura 6. Picadora desintegradora de martillo para la molienda de forrajes