

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

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



Efecto de la inclusión alimentaria de harina de pisonay (*Erythrina* sp) sobre la concentración sérica de glucosa, colesterol y triacilgliceroles en cuyes (*Cavia porcellus*)

Presentado por:

Pedro Coaquira Blas

Para optar el Título de
Médico Veterinario y Zootecnista

Abancay, Perú

2022



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



“TESIS”

“EFECTO DE LA INCLUSIÓN ALIMENTARIA DE HARINA DE PISONAY
(*Erythrina sp*) SOBRE LA CONCENTRACIÓN SÉRICA DE GLUCOSA,
COLESTEROL Y TRIACILGLICEROLES EN CUYES (*Cavia porcellus*)”

Presentado por **Pedro Coaquira Blas**, para optar el Título de:
Médico Veterinario y Zootecnista

Sustentado y aprobado el 16 de junio de 2022 ante el jurado evaluador:

Presidente:

Dr. Nilton César Gómez Urviola

Primer Miembro:

Dr. Victor Alberto Ramos De la Riva

Segundo Miembro:

MVZ. Juan Roberto Soncco Quispe

Asesor:

Mg. Sc. Ludwing Angel Cárdenas Villanueva



Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por su bondad y amor, ha sido una gran bendición en todo sentido y te agradezco creador, que gracias a ti esta meta está cumplida y de manera personal a mi asesor de tesis, quien se ha tomado el arduo trabajo de transmitirme sus conocimientos y su constante apoyo en el desarrollo de mi trabajo de tesis.



Dedicatoria

A mis padres José Alfredo Coaquira y Paulina Blas, por el ambiente familiar en que crecí, nunca perdieron su fe en que podría lograrlo y además a mis hermanos, Carol, Carel y Yuly. A mi enamorada, por los ánimos, por estar presente a cada momento, por acompañarme en este proceso y por nunca dudar que lo lograría.



“Efecto de la inclusión alimentaria de harina de pisonay (*Erythrina sp*) sobre la concentración sérica de glucosa, colesterol y triacilgliceroles en cuyes (*Cavia porcellus*)”

Línea de investigación: Ciencias veterinarias

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| RESUMEN | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| CAPÍTULO I | 5 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 1.1 Descripción del problema..... | 5 |
| 1.2 Enunciado del problema..... | 5 |
| 1.2.1 Problema general..... | 5 |
| 1.2.2 Problemas específicos | 6 |
| 1.2.3 Justificación de la investigación | 6 |
| CAPÍTULO II | 8 |
| OBJETIVOS E HIPÓTESIS | 8 |
| 2.1 Objetivos de la investigación | 8 |
| 2.2.1 Objetivo general..... | 8 |
| 2.2.2 Objetivos específicos..... | 8 |
| 2.2 Hipótesis de la investigación..... | 8 |
| 2.2.3 Hipótesis general..... | 8 |
| 2.2.4 Hipótesis específicas | 8 |
| 2.3 Operacionalización de variables | 8 |
| CAPÍTULO III | 9 |
| MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 9 |
| 3.1 Antecedentes..... | 9 |
| 3.2 Marco teórico..... | 11 |
| 3.2.1 Características del genero <i>Erythrina</i> | 11 |
| 3.2.2 Fisiología digestiva del cuy | 13 |
| 3.2.3 Necesidades nutricionales del cuy | 15 |
| 3.2.4 Perfil bioquímico..... | 16 |
| 3.2.4.1 Glucosa..... | 16 |
| 3.2.4.2 Colesterol | 17 |
| 3.2.4.3 Triacilgliceroles | 18 |
| CAPÍTULO IV | 20 |
| METODOLOGÍA | 20 |
| 4.1 Tipo y nivel de investigación | 20 |
| 4.2 Diseño de la investigación..... | 20 |
| 4.3 Población y muestra..... | 20 |
| 4.4 Procedimiento..... | 20 |



| | | |
|---|--|-----------|
| 4.5 | Técnica e instrumentos..... | 23 |
| 4.5.1 | Determinación de glucosa sérica..... | 23 |
| 4.5.2 | Determinación de colesterol total..... | 23 |
| 4.5.3 | Determinación de triacilgliceroles | 24 |
| 4.6 | Análisis estadístico | 25 |
| CAPÍTULO V | | 26 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES | | 26 |
| 5.1 | Análisis de resultados | 26 |
| 5.1.1 | Glucosa sérica | 26 |
| 5.1.2 | Colesterol total..... | 27 |
| 5.1.3 | Triacilgliceroles | 29 |
| 5.2 | Discusión..... | 30 |
| CAPÍTULO VI..... | | 33 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 33 |
| 6.1 | Conclusiones..... | 33 |
| 6.2 | Recomendaciones | 33 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 34 |
| ANEXOS | | 42 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Taxonómica del género <i>Erythrina</i> | 12 |
| Tabla 2. Metabolitos secundarios en el género <i>Erythrina</i> | 13 |
| Tabla 3. Requerimientos nutricionales de los cuyes..... | 15 |
| Tabla 4. Niveles de glucosa, colesterol y triacilglicérols en roedores..... | 16 |
| Tabla 5. Concentración sérica (mg/dL) de glucosa, colesterol y triacilglicérols en cuyes | 19 |
| Tabla 6. Distribución de cuyes (repeticiones) por tratamientos..... | 20 |
| Tabla 7. Insumos alimenticios utilizados en las dietas experimentales y control para cuyes, % | 22 |
| Tabla 8. Glucosa sérica en cuyes (<i>Cavia porcellus</i>)..... | 27 |
| Tabla 9. Colesterol total en cuyes (<i>Cavia porcellus</i>)..... | 28 |
| Tabla 10. Triacilglicérols en cuyes (<i>Cavia porcellus</i>)..... | 30 |
| Tabla 11. Datos estadísticos para la glucosa sérica..... | 43 |
| Tabla 12. ANOVA para glucosa sérica por tratamiento..... | 43 |
| Tabla 13. Prueba de Dunnett para glucosa sérica por tratamiento..... | 43 |
| Tabla 14. Análisis de varianza para glucosa sérica según factores..... | 43 |
| Tabla 15. Prueba de Duncan para glucosa sérica por edad de rebrote..... | 44 |
| Tabla 16. Datos estadísticos para colesterol total..... | 45 |
| Tabla 17. ANOVA para colesterol total por tratamiento..... | 45 |
| Tabla 18. Prueba de Dunnett para colesterol total por tratamiento..... | 45 |
| Tabla 19. Análisis de varianza para colesterol total según factores..... | 45 |
| Tabla 20. Prueba de Duncan para colesterol total por edad de rebrote..... | 46 |
| Tabla 21. Datos estadísticos para triacilglicérols..... | 47 |
| Tabla 22. ANOVA para triacilglicérols por tratamiento..... | 47 |
| Tabla 23. Prueba de Dunnett para triacilglicérols por tratamiento..... | 47 |
| Tabla 24. Análisis de varianza para triacilglicérols según factores..... | 47 |
| Tabla 25. Prueba de Duncan para triacilglicérols por edad de rebrote..... | 48 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Datos meteorológicos según SENAMHI | 21 |
| Figura 2. Niveles de glucosa sérica en cuyes por tratamiento..... | 26 |
| Figura 3. Niveles séricos de colesterol total en cuyes por tratamiento | 28 |
| Figura 4. Niveles séricos de triacilgliceroles en cuyes por tratamiento..... | 29 |
| Figura 5. Galpón para la crianza de cuyes en Mosoccpampa | 49 |
| Figura 6. Alimento integral etiquetado según tratamientos | 49 |
| Figura 7. Jaulas de malla de alambre tipo aéreo..... | 50 |
| Figura 8. Consumo de alimento integral en comederos tipo tolva | 50 |
| Figura 9. Gradillas y tubos de ensayo | 51 |
| Figura 10. Analizador bioquímico semiautomático Stat Fax 3300 | 51 |
| Figura 11. Distribución de reactivos de trabajo y muestras | 52 |
| Figura 12. Lectura de las muestras | 52 |



INTRODUCCIÓN

La crianza del cuy se realiza con prosperidad en la costa y sierra peruana, es una opción de consumo sobre otro tipo de carnes, que aporta ingresos para los productores o criadores, la alimentación de los cuyes en la costa es a base de alimento integral y en la sierra el empleo de alfalfa o la utilización de ambos alimentos (1). La región Apurímac tiene una población de cuyes del 7.97%, que equivale a 1 012 181, el consumo per cápita de la carne de cuy se estima en 0.35 kg de cuy por año (2) y la cantidad de cuyes en el Perú para el 2017 fue 17 380 000 animales, la crianza de cuyes a nivel nacional es realizada por pequeños y medianos productores, que representan el 45.6% y el 25.1% es criado a gran escala (3).

El uso de alimentos no convencionales en la suplementación proteica con harina de hojas (*Leucaena leucocephala-Morus alba-Tectona grandis*) en cabras, no afectó el nivel de glucosa en suero (45.42 a 49.08 mg dL⁻¹) (4), también se observó que la suplementación al 20% con hojas de *Moringa oleifera* en la ración de terneros búfalos lactantes produjo efectos adversos en los componentes bioquímicos sanguíneos (5), se observó que el extracto acuoso de la corteza del tallo de *Erythrina senegalensis* en dosis de 0.3 a 1.2 g/kg VO en ratones, provocó la disminución en los niveles séricos de colesterol y triacilgliceroles debido a agentes hipolipidémicos (6), también, los niveles séricos de colesterol disminuyen probablemente por anorexia, diabetes, disfunción hepática y malabsorción de grasa (7). La concentración de polifenoles totales, taninos y alcaloides totales en el forraje fresco de pisonay (*Erythrina sp*) en proporciones a partir de 50% en la dieta de cuyes provocó la disminución de glucosa (104.2 mg/dL) y colesterol (28.2 mg/dL) con respecto a cuyes que recibieron alfalfa (8), los extractos metanólicos de varias partes de la *Erythrina variegata* mostraron actividad hipoglucemiante y antihiperlipidémica (9), se menciona que los niveles de colesterol y lípidos en la sangre se reducen por las consecuencias biológicas de los ácidos fenólicos (10).

El perfil bioquímico sanguíneo en animales es utilizado para brindar información primordial sobre la reacción del cuerpo a las lesiones (diagnóstico de enfermedades), a la calidad del alimento y su probable toxicidad (7). Los cuyes tienen una respuesta inflamatoria y desarrollan aterosclerosis cuando se les alimenta con una dieta alta en colesterol (11). Una alternativa para aprovechar el follaje de alimentos no convencionales, es el proceso de elaboración de harinas, para neutralizar o evitar sus efectos negativos (compuestos secundarios) y aprovechar los efectos positivos sobre las características nutricionales (12). Los criadores aprovechan el pisonay (*Erythrina sp*) para la alimentación de los animales, no solamente en los cuyes, esencialmente en épocas de estiaje (13). Por lo tanto, para aconsejar a que los criadores de cuyes



utilicen la harina de pisonay en el alimento integral (*Erythrina* sp) se evaluó la glucosa sérica, colesterol total y triacilgliceroles de cuyes (*Cavia porcellus*).



RESUMEN

Se determinó la glucosa sérica, colesterol total y triacilgliceroles en cuyes (*Cavia porcellus*), que recibieron alimento integral con la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina sp*) de diferente edad de rebrote, en el sector de Mosoccpampa, Apurímac. Se usaron 80 cuyes machos mejorados, que fueron distribuidos al azar en grupos de 8 cuyes. Las dietas contenían 10, 20 y 30% de inclusión con 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote (4M10, 4M20, 4M30, 8M10, 8M20, 8M30, 12M10, 12M20 y 12M30) y una dieta control con 20% de harina de alfalfa (C20A), se consideró 17 a 18% de proteína y 3.0 Mcal/kg de MS de energía digestible, posteriormente se recolectó sangre con el propósito de determinar los metabolitos bioquímicos a través de reactivos (Valtek Diagnostics). La glucosa sérica fue diferente entre los tratamientos ($P < 0.05$), las dietas experimentales 4M20 y 4M30 (144.78 y 154.89 mg/dL) y la dieta 8M10 (133.33 mg/dL) se incrementaron y fueron diferentes al C20A (109.76 mg/dL). La glucosa sérica disminuyó por efecto de la edad de rebrote ($P < 0.05$), a los 4 meses fue mayor en 11.5 mg/dL en relación a los 8 meses y en 21.8 mg/dL en relación a los 12 meses de edad de rebrote. Los niveles de colesterol total fueron diferentes entre los tratamientos ($P < 0.05$), las dietas 8M20 y 8M30 (26.29 y 25.70 mg/dL), además, 12M10, 12M20, 12M30 (25.51, 25.42 y 24.19 mg/dL) disminuyeron y fueron diferentes al C20A (37.20 mg/dL). El colesterol total fue afectado por la edad de rebrote ($P < 0.05$), a los 4 meses fue mayor (34.31 mg/dL) en relación a los 8 y 12 meses de edad de rebrote que estadísticamente son similares (27.65 y 25.04 mg/dL). Los niveles de triacilgliceroles fueron diferentes entre los tratamientos ($P < 0.05$), las dietas 4M10, 4M20 y 4M30 (80.76, 81.13 y 88.63 mg/dL), además, 8M10 y 8M20 (72.85 y 68.91 mg/dL) y 12M10 (69.80 mg/dL) se incrementaron y fueron diferentes al C20A (50.02 mg/dL). Los triacilgliceroles fueron afectados por la edad de rebrote ($P < 0.05$), a los 4 meses fue mayor (83.51 mg/dL) en relación a los 8 y 12 meses de edad de rebrote que estadísticamente son similares (68.51 y 62.49 mg/dL). La glucosa sérica, el colesterol total y los triacilgliceroles denotaron una disminución al incrementarse la edad de rebrote y el porcentaje de inclusión de la harina de pisonay, metabolitos que son similares a los niveles séricos en cuyes, esto nos indicaría que la utilización de harina de pisonay en el alimento integral para cuyes no provocaría toxicidad.

Palabras clave: Edad de rebrote, hojas, lípidos, peciolos



ABSTRACT

Serum glucose, total cholesterol and triacylglycerols were determined in guinea pigs (*Cavia porcellus*), which received whole food with the inclusion of pisonay meal (*Erythrina sp*) of different regrowth ages, in the Mosoccpampa sector, Apurimac. Eighty improved male guinea pigs were used, which were randomly distributed in groups of eight guinea pigs. The diets contained 10, 20 and 30% inclusion at 4, 8 and 12 months of regrowth age (4M10, 4M20, 4M30, 8M10, 8M20, 8M30, 12M10, 12M20 and 12M30) and a control diet with 20% alfalfa meal (C20A), 17 to 18% protein and 3.0 Mcal/kg DM of digestible energy were considered. Subsequently, blood was collect in order to determine the biochemical metabolites through reagents (Valtek Diagnostics). Serum glucose was different between treatments ($P<0.05$), experimental diets 4M20 and 4M30 (144.78 and 154.89 mg/dL), and diet 8M10 (133.33 mg/dL) increased and were different from C20A (109.76 mg/dL). Serum glucose decreased due to the effect of regrowth age ($P<0.05$), at 4 months it was higher by 11.5 mg/dL in relation to 8 months and by 21.8 mg/dL in relation to 12 months of regrowth age. Total cholesterol levels were different between treatments ($P<0.05$), diets 8M20 and 8M30 (26.29 and 25.70 mg/dL), in addition, 12M10, 12M20, 12M30 (25.51, 25.42 and 24.19 mg/dL) decreased and were different from C20A (37.20 mg/dL). Total cholesterol was affected by the age of regrowth ($P<0.05$), at 4 months it was higher (34.31 mg/dL) in relation to 8 and 12 months of regrowth, which are statistically similar (27.65 and 25.04 mg/dL). Triacylglycerol levels were different between treatments ($P<0.05$), diets 4M10, 4M20 and 4M30 (80.76, 81.13 and 88.63 mg/dL), in addition, 8M10 and 8M20 (72.85 and 68.91 mg/dL) and 12M10 (69.80 mg/dL) increased and were different from C20A (50.02 mg/dL). Triacylglycerols were affected by the regrowth age ($P<0.05$), at 4 months it was higher (83.51 mg/dL) in relation to the 8 and 12 months of regrowth age, which are statistically similar (68.51 and 62.49 mg/dL). Serum glucose, total cholesterol and triacylglycerols denoted a decrease with increasing regrowth age and the percentage of inclusion of pisonay meal, metabolites that are similar to serum levels in guinea pigs; this would indicate that the use of meal of pisonay in whole food for guinea pigs would not cause toxicity.

Keywords: Lipids, leaves, petiole, regrowth age



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Los sistemas basados en forrajes arbóreos contribuirán a desarrollar con eficiencia el manejo y uso de los recursos naturales para emplear al máximo la diversidad originaria de las plantas (14) (15). El género *Erythrina* contiene en varias partes de la planta compuestos secundarios o factores antinutricionales (16), como ocurre en la *Erythrina variegata*, que presenta taninos y alcaloides (17), en hojas con peciolo de la *Erythrina mysorensis* posee moderada presencia de taninos, compuestos fenólicos y alcaloides (18) y en las hojas de *Erythrina velutina* recolectadas en época de lluvias denotó la presencia considerable de fenoles y leve de alcaloides (19). La presencia de compuestos secundarios pueden causar efectos citotóxicos (20), además, pueden causar toxicidad en los animales monogástricos y rumiantes. El consumo de plantas que favorecen la ocurrencia de toxicosis en el ganado, fueron evaluados a través de los niveles séricos bioquímicos (21). El uso de alimentos no convencionales en la suplementación proteica con harina de hojas (*Leucaena leucocephala-Morus alba-Tectona grandis*) en cabras, no afectó el nivel de glucosa en suero (45.42 a 49.08 mg dL⁻¹) (4), también se observó que la suplementación al 20% con hojas de *Moringa oleífera* en la ración de terneros búfalos lactantes produjo efectos adversos en los componentes bioquímicos sanguíneos (5), se observó que el extracto acuoso de la corteza del tallo de *Erythrina senegalensis* en dosis de 0.3 a 1.2 g/kg VO en ratones, provocó la disminución en los niveles séricos de colesterol y triacilgliceroles debido a agentes hipolipidémicos (6), también, los niveles séricos de colesterol disminuyen probablemente por anorexia, diabetes, disfunción hepática y malabsorción de grasa (7). La concentración de polifenoles, taninos y alcaloides en el pisonay (*Erythrina* sp) utilizada como forraje fresco a partir de 50% en la dieta de cuyes provocó la disminución de glucosa (104.2 mg/dL) y colesterol (28.2 mg/dL) con respecto a cuyes que recibieron alfalfa (8), se menciona que los niveles de colesterol y lípidos en la sangre se reducen por las consecuencias biológicas de los ácidos fenólicos (10).

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿La inclusión de harina de pisonay (*Erythrina* sp) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) altera la concentración sérica de glucosa, colesterol y triacilgliceroles?



1.2.2 Problemas específicos

- ¿La concentración sérica de glucosa, colesterol y triacilglicéridos en cuyes (*Cavia porcellus*) es afectada al incluir en su alimentación el 10, 20 y 30% de harina de pisonay (*Erythrina sp*) de 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote?

1.2.3 Justificación de la investigación

La crianza del cuy se realiza con prosperidad en la costa y sierra peruana, es una opción de consumo sobre otro tipo de carnes, que aporta ingresos para los productores o criadores, la alimentación de los cuyes en la costa es a base de alimento integral y en la sierra el empleo de alfalfa o la utilización de ambos alimentos (1). La región Apurímac tiene una población de cuyes del 7.97%, que equivale a 1 012 181, el consumo per cápita de la carne de cuy se estima en 0.35 kg de cuy por año (2) y la cantidad de cuyes en el Perú para el 2017 fue 17 380 000 animales, la crianza de cuyes a nivel nacional es realizada por pequeños y medianos productores que representan el 45.6% y el 25.1% es criado a gran escala (3). La composición nutricional en la carne de cuy Criollo presentó 19.3% de proteína y en cuyes Andinos y Peruanos mejorados, fue 18.5% y 17.7%, mientras que el mayor contenido de grasa se registró en cuyes Peruanos mejorados (8.56%) y en cuyes Criollos y Andinos, fueron de 7.9% y 7.6%, respectivamente (22), y la cantidad de energía se estimó en 96 kcal/100 g y carbohidratos solubles en 0.1 g/100 g (23).

Las especies del género *Erythrina*, son utilizadas en cercos vivos, como recurso maderable, medicina casera, aporte de nitrógeno como fertilizante y para la alimentación animal (24) (25), la *E. brucei* y *E. abyssinica* son utilizadas como forraje fresco (hojas) habitualmente en época de estiaje (26). Se observó que la frecuencia de corte en la *E. variegata* y *E. subumbrans* se realiza una vez por año, otros pobladores mencionan que también se poda cuatro y dos veces al año (27), esto influye en la biomasa forrajera, se menciona que la *Erythrina sp* produce 78 ± 42 t/ha/año de materia verde, y cuando la frecuencia de poda fue a las 26 semanas produce 33 ± 7 t/ha de materia seca (28), además se observó que la *E. peruviana* con tres podas al año incrementa su biomasa fresca de 4.3 a 6.8 t/ha (29).

El perfil bioquímico sanguíneo en animales es utilizado para brindar información primordial sobre la reacción del cuerpo a las lesiones (diagnóstico de enfermedades), a la calidad del alimento y su probable toxicidad (7). Los cuyes



tienen una respuesta inflamatoria y desarrollan aterosclerosis cuando se les alimenta con una dieta alta en colesterol (11). Una alternativa para aprovechar el follaje de alimentos no convencionales, es el proceso de elaboración de harinas, para neutralizar o evitar sus efectos negativos (compuestos secundarios) y aprovechar los efectos positivos sobre las características nutricionales (12). Los criadores aprovechan el pisonay (*Erythrina sp*) para la alimentación de los animales, no solamente en los cuyes, esencialmente en épocas de estiaje (13).



CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Determinar la glucosa sérica, colesterol total y triacilgliceroles en cuyes (*Cavia porcellus*) al incluir en su alimentación harina de pisonay (*Erythrina sp*).

2.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la glucosa sérica, colesterol total y triacilgliceroles en cuyes (*Cavia porcellus*) al incluir en su alimentación el 10, 20 y 30% de harina de pisonay (*Erythrina sp*) de 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

La inclusión de harina pisonay (*Erythrina sp*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) afecta sus rangos normales de glucosa sérica, colesterol total y triacilgliceroles.

2.2.4 Hipótesis específicas

- La glucosa sérica, colesterol total y triacilgliceroles en cuyes (*Cavia porcellus*) es afectada por el 10, 20 y 30% de harina de pisonay (*Erythrina sp*) de 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote.

2.3 Operacionalización de variables

| Variables | Indicadores |
|---------------------|-----------------|
| Independiente: | |
| Edad de rebrote | 4, 8 y 12 meses |
| Inclusión de harina | 10, 20 y 30% |
| Dependiente: | |
| Glucosa sérica | mg/dL |
| Colesterol total | mg/dL |
| Triacilgliceroles | mg/dL |



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) Se manejaron cuyes machos destetados desde los 15 días de edad, que fueron distribuidos en 4 jaulas de madera y malla galvanizada con un área de 1.5 m² y recibieron Forraje verde hidropónico (FVH) más hojas y peciolo de pisonay (HPP) y concentrado (C) de la siguiente manera: T1 = 40% FVH + 60% HPP; T2 = 28% FVH + 12% HPP + 60% C; T3 = 20% FVH + 20% HPP + 60% C y T4 = 12% FVH y 28% HPP + 60% C, con una composición nutricional de 17% de proteína y 3.15 Mcal/Kg de energía digestible. Después de 42 días se recolectó sangre de los cuyes en tubos de ensayo sin anticoagulante para determinar glucosa sérica, colesterol total y triacilglicéridos en el suero sanguíneo. Los niveles de glucosa sérica fueron similares en el T1, T2 y T3, con valores máximos en el T4 (56.6 ± 27.7 mg/dL). Se observó que al aumentar el porcentaje de pisonay, los niveles séricos del colesterol total disminuyeron en 50% y alcanzaron el máximo valor en el T2 (111.0 ± 50.9 mg/dL); y los triacilglicéridos, en el T4 se observó el mayor valor (72.8 ± 22.7 mg/dL) y el mínimo valor en el T3 (44.9 ± 12.5 mg/dL) (30).
- b) Se evaluó los niveles séricos de glucosa, colesterol y triacilglicéridos en 48 cuyes machos en etapa de crecimiento que recibieron tres dietas: T1 (100% alfalfa), T2 (60% alfalfa - 40% concentrado) y T3 (40% alfalfa - 60% concentrado) durante un periodo de 30 días. Cada tratamiento estuvo conformado por 16 cuyes de los cuales se separó 8 hembras y 8 machos. Se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$), la glucosa sérica fue 151.7 mg/dL en la dieta con 40% alfalfa - 60% concentrado, en tanto que el menor valor (103.7 mg/dL) se debió al 100% alfalfa. Los niveles sanguíneos de colesterol total no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, el mayor valor se debió al T1 con 41.1 mg/dL y el menor al T2 con 36.53 mg/dL. Los triacilglicéridos mostraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos, en el T3 que tenía el mayor porcentaje de concentrado se observó el mayor valor (63.8 mg/dL), en tanto que el menor valor (39.1 mg/dL) correspondió al T1 que tenía mayor proporción de alfalfa. Los niveles séricos estuvieron dentro de los valores de referencia, no se encontró evidencia de desórdenes en el metabolismo de carbohidratos y lípidos (31).



- c) Se utilizaron 75 cuyes machos de 13 días de edad, formándose 5 grupos experimentales con tres repeticiones cada uno, cada grupo de tratamiento estuvo conformado de 15 cuyes colocados en 3 jaulas separadas de 5 cuyes cada una (repetición), para determinar el efecto de la harina de hojas de *Erythrina* sobre los perfiles bioquímicos de glucosa y otros metabolitos, se administró una ración diaria de 100 g/día de King grass como forraje y alimento balanceado con proporciones de 0, 7, 14, 21 y 28% de harina de *Erythrina* como fuente de proteína y consumo *ad libitum*, el periodo de crianza fue hasta los 75 días de edad, la inclusión harina de *Erythrina* en la alimentación de cuyes no causó cambios en los perfiles de glucosa con rangos de 85 a 96 mg/dL (32).
- d) Las hojas de *Talinum triangulare* (falsa espinaca) presentan diferentes compuestos bioactivos como cardioglicósidos, polifenoles, flavonoides, alcaloides, taninos, saponinas y pectinasas, Se utilizó hojas frescas de falsa espinaca, que fueron pulverizadas para preparar extractos hidroalcohólicos para ser administrados a los modelos experimentales, sometidos a dos modelos de inducción de hiperlipidemia; administración de solución de sacarosa al 63% durante 16 semanas y administración vía intraperitoneal del detergente no iónico Poloxamer 338, durante 48 horas a una dosis de 0.6 g/kg, 6 ratones recibieron vía oral dosis de 400 mg/kg de peso corporal, después de 48 horas el extracto mostró su potente efecto reductor de colesterol (150.19 a 133.66 mg/dL) y triacilglicéridos (159.29 a 146.54 mg/dL), lo cual sugiere que se incrementa el flujo de ácidos grasos de la sangre hacia los tejidos (33).
- e) Los extractos acuosos de *Vernonia amygdalina* (hoja amarga), arbusto pequeño de 2 a 5 m, en sus hojas se demostró que contienen saponinas, alcaloides y los antioxidantes flavonoides, aunque no se ha estudiado adecuadamente la potencial toxicidad de la hoja amarga, en Nigeria existe una preferencia generalizada por el enfoque tradicional para el manejo de la hiperglucemia a través de la ingestión oral de extractos acuosos de hoja amarga. Se dividieron veinte cobayas machos maduros que pesaban entre 200 y 250 g en cuatro grupos de cinco animales por grupo. El grupo A (control) y cada animal recibió la solución de glucosa (0.5 ml al 50%). Los animales del grupo B recibieron la solución de glucosa y 0.5 ml de extracto de hoja amarga sin hervir. Los animales del grupo C recibieron la glucosa y 0.5 ml de extracto de hoja amarga hervida; Los animales del grupo D recibieron la solución de glucosa y 0.5 ml de una solución de glucófago al 35%, en todos los casos por vía intraperitoneal. Las concentraciones de glucosa en sangre en los animales del grupo B fueron cuantitativamente más bajas que los valores



de control a los 30 min y 60 min, 176.5 mg/dL frente a 313.4 mg/dL y 102.6 mg/dL frente a 145.9 mg/dL, respectivamente, estos resultados pueden indicar la probable de acción antihiper glucémica de *Vernonia amigdalina* (34).

- f) Se ha evaluado la influencia del extracto total de alcohol de *Erythrina variegata* (Ev) sobre la aterosclerosis experimental en cobayas, en dosis de hasta 2 g/kg de peso vivo, los animales se dividieron en cuatro grupos de seis animales cada uno y se trataron de la siguiente manera: grupo I - solo dieta en gránulos, grupo II - grupo alimentado con HFD (dieta alta en grasas), grupo III - HFD + 100 mg/kg Ev, y grupo IV - HFD + 10 mg/kg de atorvastatina cálcica, después de 30 días de administración de las dietas, se observó que el colesterol total (60.7 ± 8.0 mg/dL) y triacilgliceroles (45.9 ± 8.1 mg/dL) del grupo de tratamiento III al ser comparados con el control positivo, que recibieron la administración de Ev redujo el colesterol total en 33% (40.67 mg/dL) y los triacilgliceroles en 39% (27.9 mg/dL), esto demuestra su influencia hipolipidémica marginal con respecto al grupo II. La presencia de β -sitosterol, ácido oleanólico y el β -sitosterol glucósido aislados en una cantidad apreciable de Ev, tienen actividad antiaterosclerótica, como consecuencia de la influencia hipolipidémica y antiinflamatoria de los fitoconstituyentes aislados (35).

3.2 Marco teórico

3.2.1 Características del genero *Erythrina*

El pisonay pertenece al género *Erythrina*, está presente en los valles interandinos de Sudamérica, en el Perú se le conoce como anteporoto, antiporo, basul, pajuto, pashigua, pashuro, poroto y pisonay, crece desde 1500 a 3000 msnm, es un árbol que se desenvuelve en zonas húmedas, con lluvias anuales mayores a 1400 mm, pueden llegar a medir 8 m (hasta 14 m), el tronco presenta diámetros entre 24 a 47 cm, en árboles en crecimiento presenta espinas en el tronco, así como en las ramas y ramas terminales, se destina a producir forraje (hojas y ramas) como fuente de proteína para la alimentación de rumiantes como vacas y cabras, caballos, cerdos, pollos y conejos, las hojas secas y molidas serán una harina rica en carotenos y se utilizan para la coloración de huevos de gallina (36).



Tabla 1. Taxonomía del género *Erythrina* (37)

| Reino | Plantae |
|---------------|---------------------|
| Subreino | Tracheobionta |
| Superdivisión | Spermatophyta |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Dicotyledonae |
| Subclase | Rosidae |
| Orden | Fabales |
| Familia | Leguminosae |
| Tribu | Phaseoleae |
| Género | <i>Erythrina</i> L. |

En el valle interandino de Abancay existe la *Erythrina edulis*, comúnmente conocida en Perú como basúl, pajuro, y pisonay, prospera entre los 1200 a 2600 metros de altitudinal, requiere de 1500 a 2000 mm de lluvia al año, la utilidad de este árbol en la alimentación humana es la utilización de las vainas de frejol, y como alimento forrajero, para los animales domésticos, especialmente las hojas y ramas tiernas (38). El pajuro, natural de Latinoamérica, se cultiva en los valles interandinos, los árboles que no están destinados para la alimentación animal, tienden a ser frondosos y tienen altura variable, con promedios entre 10 a 15 metros (39), las hojas son trifoliadas y tienen una coloración verde oscura, los folíolos miden entre 12 a 17 cm de largo x 6 a 12 cm de ancho, ovados a considerablemente ovados, pubérulos, tricomas simples; presentan una base cuneada a truncada-redondeada; el ápice es agudo; los peciolo miden entre 12 a 27 cm, algunas veces exhiben una base semiengrosada a modo de pulvínulo; el raquis mide de 3 a 9 cm; los peciolulos son menores a 1 cm; estipelas pequeñas, menores de 0.1 cm; y las estipulas van desapareciendo (40).

Las leguminosas arbustivas y arbóreas presentan metabolitos secundarios (factores antinutricionales), son compuestos que se originan en el metabolismo primario y secundario de las plantas (41), como se observa en las especies del género *Erythrina* (Tabla 2), que pueden ocasionar efecto negativo en el uso de los nutrientes de los alimentos, como también en la salud animal (42), se ha observado que las plantas que tienen la presencia de metabolitos secundarios como taninos y saponinas, sugiere el riesgo de ocasionar efectos nocivos cuando se emplean como insumo en la alimentación animal (43).



Tabla 2. Metabolitos secundarios en el género *Erythrina*

| Especie | Fenoles | Saponinas | Taninos | Esteroles | Alcaloides |
|----------------------------------|---------|-----------|---------|-----------|------------|
| <i>Erythrina edulis</i> (44) | | ++ | - | + | ++ |
| <i>Erythrina ulei</i> (44) | | ++ | - | + | +++ |
| <i>Erythrina variegata</i> (17) | | - | + | + | +++ |
| <i>Erythrina velutina</i> (19) | ++ | - | - | | + |
| <i>Erythrina mysorensis</i> (18) | ++ | - | ++ | | ++ |
| <i>Erythrina glauca</i> (45) | +++ | - | + | | +++ |
| <i>Erythrina falcata</i> (46) | | | ++ | + | + |

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

3.2.2 Fisiología digestiva del cuy

El cuy es un herbívoro monogástrico, a nivel gástrico se inicia el proceso digestivo enzimático y en el ciego se realiza la fermentación bacteriana, por su tamaño y funcionalidad se clasifica como un fermentador post gástrico, además, es una especie que realiza la cecotrofia para reutilizar el nitrógeno especialmente en dietas con bajos niveles de proteína; la ingesta a nivel del estómago e intestino delgado es rápido y no demora más de dos horas en llegar al ciego, a este nivel el pasaje es más lento y demora aproximadamente 48 horas, por efecto de la celulosa que forma parte de la dieta que permite una mejor eficiencia en la absorción de nutrientes por la presencia de microorganismos (47).

El estómago del cuy representa el 2% con respecto al tracto gastrointestinal total, el ciego constituye cerca al 6% que llega a tener un área de 100 cm² y por último el intestino delgado del cuy representa el 55%, seguido del colon (37%) (48), lo que explica la lentitud de la digestión, el estómago comienza a ser evacuado entre las 4 a 6 horas después de la alimentación y el tránsito gastrointestinal dura de 13 a 30 horas, esto induce al cobayo a la cetosis, al meteorismo y a la estasis alimentaria (49).

En el cuy se pueden distinguir tres áreas funcionales del intestino delgado, el duodeno, el yeyuno y el íleon, especialmente por su ubicación y diferencias microscópicas, todo el intestino delgado mide aproximadamente 125 cm de longitud, el íleon termina con un pliegue de la mucosa, la papila ileocecal, a la entrada de la cavidad del ciego; el ciego es el rasgo más característico del tracto gastrointestinal del cobayo, es un gran saco semicircular de paredes delgadas con numerosas bolsas laterales (50).



La mayor parte de la digestión y absorción de nutrientes del alimento se realiza en el intestino delgado, en este segmento del sistema digestivo, varios de los nutrientes viajan por la pared del intestino a la sangre, para ser distribuidos en todo el organismo, uno de los nutrientes son las grasas, estas ejercen funciones importantes en el crecimiento de los cuyes y proporcionan al organismo del animal, junto con los carbohidratos y proteínas, la energía necesaria para las funciones vitales, también le permiten crecer y reproducirse (51).

Los triacilgliceroles provenientes de la dieta influyen en los niveles séricos del colesterol de los animales, lo que a su vez influye en la formación de placas de ateromas, además, el colesterol y los triacilgliceroles del intestino, ya sea de la dieta o reabsorbidos de la bilis, llegan al torrente sanguíneo a través del conducto torácico en forma de quilomicrones o lipoproteínas de muy baja densidad, también, las variaciones en los lípidos de la dieta provocaría cambios en las proporciones de colesterol libre y esterificado en los quilomicrones, pueden ser un factor que afecte el metabolismo adicional del colesterol y su síntesis por el hígado (52).

Un grupo de cuyes al recibir dietas como alfalfa verde, alimento mixto (concentrado más alfalfa al 10% del peso vivo) y alimento integral, los valores nutricionales calculados de los alimentos tuvieron 2.9 Mcal/kg de energía digestible, la cantidad de proteína fue 26.82, 21.06 y 20.61% MS (materia seca) y niveles de grasa de 1.75, 4.90 y 4.59% MS respectivamente, también del contenido de ácidos grasos saturados e insaturados ω -3 fue mayor en la alfalfa (36 y 25.1%), los monoinsaturados, poliinsaturados y ω -6 fue mayor en los alimentos concentrados (20, 61.5 y 56.5%), se observó que los cuyes alimentados con solo forraje verde obtienen menor rendimiento productivo y tuvieron menor cantidad de grasa en la canal (8.7%), con mayor cantidad de AG ω -3 (25.3%), particularmente de ácido α -linolénico (C18:3) y menor cantidad de AG ω -6 (29.9%) y con alimento concentrado la cantidad de grasa en la canal fue 16%, con mayor cantidad de AG monoinsaturados (21%) y AG ω -6 (> 40%), esto sugiere que alimentos ricos en grasas insaturadas tendrán el mismo efecto en la calidad de la (1)

El cuy con dietas ricas en ácidos grasos omega-3 y omega-6 afectan la calidad de la canal, además, la carne de animales machos (6.3 a 11.6%) tienden a tener un contenido de grasa menor que las hembras (9.6 a 12.8%), ocurre lo contrario con la cantidad de colesterol en la carne, en machos se reporta 60.4 a 63.8 mg/dL y en hembras fue 30.27 mg/dL, esto nos indica que las hembras tienen mayor capacidad de deposición de grasa en la canal, cabe indicar que el contenido de grasa es un



aspecto importante debido a su contribución a la calidad, el sabor, la jugosidad y la textura de la carne, aunque la carne que tiene cantidades excesivas de grasa es menos saludable para el consumo (53).

3.2.3 Necesidades nutricionales del cuy

La nutrición es importante en toda crianza de animales, la cantidad adecuada de nutrientes conduce a mejorar la producción, la noción de los requerimientos nutricionales para los cuyes permitiría elaborar dietas balanceadas para las necesidades de crecimiento, mantenimiento y producción sin olvidarnos de la reproducción (Tabla 2), el agua, proteína (aminoácidos), fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas son nutrientes imperiosos para el cuy y su cantidad depende de la clase animal, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente para realizar una producción sustentable en la crianza de cuyes (47).

Tabla 3. Requerimientos nutricionales de los cuyes (47)

| Nutrientes | Unidad | Gestación | Lactancia | Crecimiento |
|------------|---------|-----------|-----------|-------------|
| Proteína | % | 18.0 | 18.0-22.0 | 13.0-17.0 |
| ED | Mcal/kg | 2.8 | 3.0 | 2.8 |
| Fibra | % | 8.0-17.0 | 8.0-17.0 | 10.0 |
| Calcio | % | 1.4 | 1.4 | 0.8-1.0 |
| Fósforo | % | 0.8 | 0.8 | 0.4-0.7 |
| Magnesio | % | 0.1-0.3 | 0.1-0.3 | 0.1-0.3 |
| Potasio | % | 0.5-1.4 | 0.5-1.4 | 0.5-1.4 |
| Vitamina C | mg | 200.0 | 200.0 | 200.0 |

El requerimiento de proteína y energía digestible con valores de 18% y 3000 Kcal de ED/ Kg respectivamente, además de 10% en fibra, es recomendable para la etapa de crecimiento de cuyes (54), el uso de harinas con 18% de proteína y 2.5 de EM/kg en alimentos concentrados para cuyes en crecimiento-engorde no alteran las características productivas y la calidad nutritiva de la carne de cuy (55) y la utilización de alimentos alternativos no convencionales con niveles proteicos por encima del 20% mejoran el desempeño en la ganancia corporal, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa en cuyes (56).



3.2.4 Perfil bioquímico

Los metabolitos bioquímicos son biomarcadores que se manifiestan por factores extrínsecos (conducta alimenticia) e intrínsecos (estado fisiológico de los mecanismos de metabolismo) en el organismo, que son útiles para interpretar la respuesta fisiológica (32). La utilización de la glucosa (oxidación) en el metabolismo de los lípidos estimula la lipogénesis y evita la oxidación de los ácidos grasos, en enfermedades con incapacidad para utilizar glucosa se observa la depresión de la lipogénesis y en la oxidación adecuada de glucosa la síntesis de lípidos se restablece y el animal recupera su peso (57), también la dieta, el ejercicio, condición corporal y ciclo reproductivo afectan los perfiles de lípidos plasmáticos (58). Además, se ha observado que la glucosa y colesterol en suero sanguíneo disminuyeron a medida que se incrementa el nivel de harina de hoja de *Moringa oleifera* en la dieta y esto es bueno para el mantenimiento de la homeostasis corporal (59), otra de las causas puede ser la presencia de las saponinas, ya que se ha demostrado que tienen actividad hipolipidémica (60).

Tabla 4. Niveles de glucosa, colesterol y triacilglicérols en roedores (61)

| Especie | Glucosa (mg/dL) | Colesterol (mg/dL) | Triacilglicérols (mg/dL) |
|---------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| Cuy | 139 - 149 | 16 - 43 | 33 - 104 |
| Conejo | 125 - 175 | 5 - 80 | 12 - 152 |
| Rata | 100 - 264 | 10 - 126 | 6.7 - 86.2 |
| Ratón | 112 - 135 | 26 - 98 | 65 - 152 |

3.2.4.1 Glucosa

En los animales de granja, los carbohidratos de la dieta proporcionan más de la mitad de las necesidades energéticas para el mantenimiento, el crecimiento y la producción, además, comprender la digestión y absorción de carbohidratos, la disponibilidad de glucosa en la dieta y la participación de la gluconeogénesis en la regulación de la homeostasis de la glucosa es esencial para la manipulación de la producción (62).

La glucosa es la principal fuente de energía para los procesos vitales de las células de mamíferos, que requieren un suministro constante de este nutriente indispensable, y solo se toleran cambios relativamente pequeños sin efectos adversos sobre la salud del animal (57). La concentración de



glucosa (Tabla 5) se ve afectada por muchos factores como la nutrición, las hormonas y el ayuno (63).

3.2.4.2 Colesterol

Los niveles de colesterol en sangre dependen del equilibrio entre la ingesta y la síntesis de colesterol, y su excreción, si no están equilibrados se produce una concentración anormalmente elevada de colesterol en la sangre, esta acumulación prolongada contribuye a que se formen placas ateroscleróticas, que son depósitos grasos que recubren las superficies internas de las arterias coronarias, la homeostasis del colesterol se controla mediante un mecanismo que coordina el consumo de colesterol en la dieta, la tasa de síntesis de colesterol endógeno a nivel del hígado y en menor cantidad en el intestino, y la tasa de utilización del colesterol en las células (64).

El colesterol es un lípido esencial en muchas biomembranas de animales, constituyen cerca del 15% de la porción lipídica de la membrana plasmática (65). Los fosfolípidos y el colesterol son los constituyentes más importantes de la membrana lipídica, la insolubilidad de los lípidos es vital para muchas de sus funciones en las membranas, el colesterol se puede obtener de la dieta si contiene productos de origen animal, o se puede sintetizar a nivel hepático (66). El intestino es el sitio principal de síntesis de colesterol en el cual, los altos niveles de lípidos causan lipemia, altos niveles de colesterol circulante (Tabla 5) están asociados con el desarrollo de la hipercolesterolemia en el cual, que provoca infiltración grasa del hígado y otros tejidos (63).

En los animales adultos, los órganos de síntesis (colesterol a partir de acetil-CoA) más activa son el hígado y la pared intestinal, y estos dos tejidos probablemente suministran más del 90% del colesterol plasmático de origen endógeno, en animales con dietas ricas en colesterol, la síntesis hepática de colesterol se inhibe, debido a la represión de la síntesis de HMG-CoA reductasa, esto proporciona al animal un sistema regulador mediante el cual la disminución de la síntesis hepática compensa los aumentos en la cantidad de colesterol absorbido de los alimentos (67), está regulada en gran medida por el colesterol a través de la regulación por retroalimentación negativa, la inhibición de la actividad de la HMG-CoA reductasa da como resultado reducciones de las concentraciones plasmáticas totales y de LDL-C y una regulación al alza del receptor de LDL para compensar la reducción de la



síntesis de colesterol endógeno (68), cabe indicar que los cuyes transportan la mayor parte de su colesterol en LDL, debido a que los receptores de LDL regula el LDL-C plasmático (69).

El bajo contenido lisina, arginina y treonina en proteínas de origen vegetal y la posibilidad que otros componentes distintos de los aminoácidos asociados con las proteínas vegetales, como los carbohidratos no disponibles, también puedan contribuir a los efectos hipocolesterolémicos de las proteínas vegetales (70).

3.2.4.3 Triacilgliceroles

La mayor parte de los lípidos exógenos de la dieta son triglicéridos de cadena larga con una proporción menor de fosfolípidos y triacilglicéridos de cadena media (58). Los acil-CoA, junto con el glicerol-3-fosfato, son los principales precursores de los triacilglicéridos, la primera ruta predomina en el tejido adiposo, el glicerol-3-fosfato sufre dos esterificaciones sucesivas con acil-CoA, para producir diacilglicerol-3-fosfato (ácido fosfatídico), que es el precursor tanto de los triacilgliceroles como de los fosfoglicéridos, es así que la ruta hacia los triacilgliceroles implica la eliminación hidrolítica del fosfato, seguida de una transferencia de otro grupo acilo procedente de un acil-CoA (64).

Los triacilgliceroles (Tabla 5) es el lípido más importante con respecto al almacenamiento de energía, debido a su insolubilidad, los lípidos no generan fuerza osmótica, por lo que se pueden almacenar grandes cantidades de triacilgliceroles en el tejido adiposo, sin embargo, si la síntesis de triacilgliceroles excede la capacidad de exportación hepática, el triacilglicerol se acumulará en las vesículas de los hepatocitos, dando lugar al hígado graso (66), además sirve como protección física y aislamiento térmico de los diversos órganos del cuerpo (71).

El aumento de la biosíntesis de triacilgliceroles (TG) y el exceso de ácidos grasos libres en plasma estimulan la secreción de VLDL-TG y cuando estos están en equilibrio no se observa la deposición de lípidos en cuyes, la hipertriacilgliceridemia ayudaría a observar los trastornos del metabolismo lipídico y sustancias hipolipidémicas (72), dietas bajas en carbohidratos provocaron el incremento de TG (75.51 ± 9.26 mg/dL) con respecto a dietas ricas en carbohidratos (TG: 47.87 ± 4.13 mg/dL) (73).



El ensamblaje de moléculas de TG constituye el principal medio por el cual el hígado almacena y exporta ácidos grasos, en condiciones normales, el hígado almacena poco TG, pero exporta cantidades considerables en forma de partículas VLDL que entregan ácidos grasos al tejido muscular y adiposo, según el estado nutricional, los conceptos emergentes sugieren que el aumento de almacenamiento de TG y la secreción de VLDL protegen contra la hepatotoxicidad mediada por ácidos grasos y la actividad alterada de las vías metabólicas en el contexto de la sobrenutrición conduce a una enfermedad hepática crónica común conocida como el hígado graso no alcohólico (74).

Tabla 5. Concentración sérica (mg/dL) de glucosa, colesterol y triacilglicerolos en cuyes

| | Rangos |
|-------------------|--------------------|
| Glucosa | 64.8 - 124.3 (75) |
| Colesterol | 22.7 – 33.3 (76) |
| | 18.59 – 40.15 (77) |
| Triacilglicerolos | 21.0 – 25.3 (76) |
| | 23.10 - 32.59 (77) |



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación que se realizó fue de tipo experimental, prospectivo, longitudinal y analítico; y nivel explicativo.

4.2 Diseño de la investigación

El estudio se condujo en primera instancia con la tipificación de árboles de pisonay en el sector Mosoccpampa (Tamburco), cosecha o poda de los árboles con 4, 8 y 12 meses de rebrote, secado de las hojas y peciolos, proceso de molienda para obtener harina y análisis proximal de los nutrientes, elaboración de alimento integral en harina, acondicionamiento del galpón, aretado de cuyes, pesaje cada semana, alimentación de los cuyes, obtención de sangre y suero sanguíneo de cada cuy, evaluación de metabolitos sanguíneos, análisis estadístico e interpretación de datos.

4.3 Población y muestra

Se utilizaron cuyes machos mejorados, destetados alrededor de los 15 días de edad con peso vivo promedio de 324.05 ± 37.23 g provenientes de la granja de cuyes La Inmaculada (Curahuasi, Abancay).

La cantidad de animales (Tabla 6) se determinó por muestreo no probabilístico por conveniencia, que corresponde a 80 cuyes.

Tabla 6. Distribución de cuyes (repeticiones) por tratamientos

| Unidades | | | | | | | | | | Dieta |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|
| Experimentales | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | Control |
| Cuy | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |

4.4 Procedimiento

Se utilizó el follaje (hojas y peciolos) de árboles de *Erythrina sp* (pisonay) del sector de Mosoccpampa (Tamburco) ubicado a una altitud de 2880 m, debido a la disponibilidad existente en esta zona y por la accesibilidad para recolección. Se tomaron por conveniencia árboles de pisonay de 4, 8 y 12 meses de rebrote, normalmente utilizados y cosechados por



los productores, de acuerdo a la fecha de corte y su utilización para la alimentación de bovinos y cuyes.

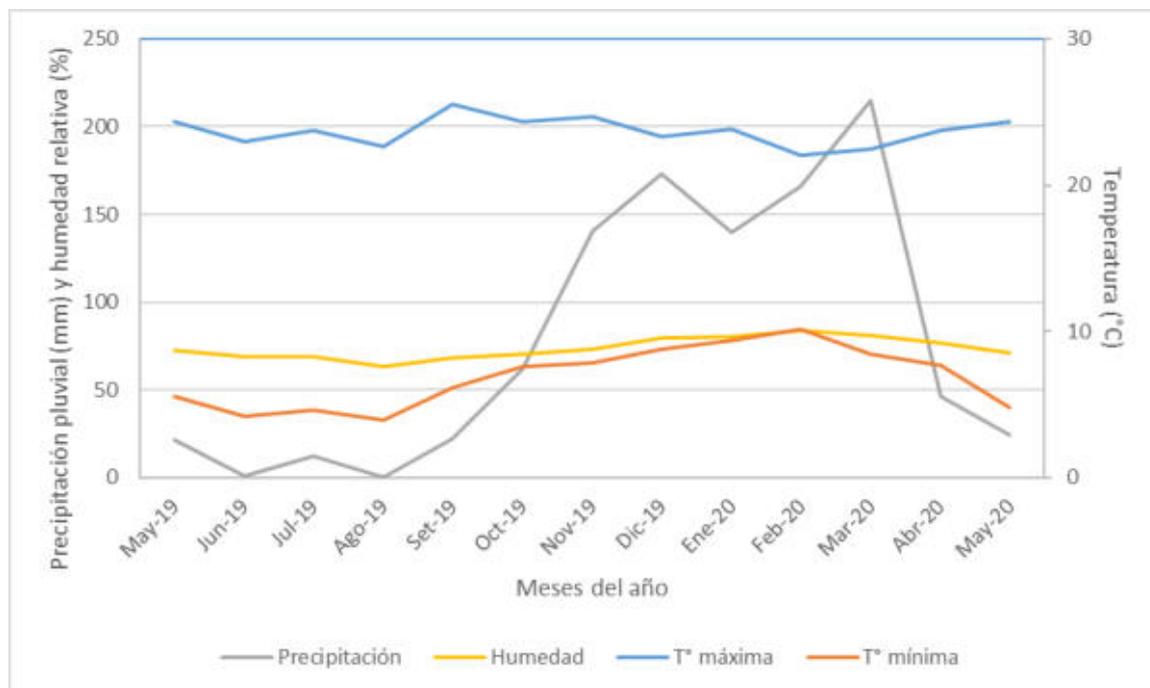


Figura 1. Datos meteorológicos según SENAMHI

Para la transformación en harina, se utilizó las hojas y peciolas de *Erythrina sp* (pisonay), posteriormente se sometió al secado natural bajo techo alrededor de 30 días, seguidamente se realizó la molienda del forraje seco en un molino de martillo con tamiz de 2 mm.

Se prepararon 10 dietas (Tabla 7), para los requerimientos nutricionales se consideró 17 a 18% de proteína y 3.0 Mcal/kg de MS de energía digestible, los insumos se ligaron en una mezcladora horizontal de doble hélice por 7 minutos aproximadamente, inmediatamente se llenaron en costales con capacidad de 40 kg y se rotularon de acuerdo a las dietas. Las dietas se prepararon en cantidad necesaria en una sola ocasión para todo el ensayo y la presentación del alimento integral fue en harina.

Las dietas experimentales fueron las siguientes:

4M10 (T1): 4 meses de edad de rebrote con la inclusión de 10% de harina de pisonay

4M20 (T2): 4 meses de edad de rebrote con la inclusión de 20% de harina de pisonay

4M30 (T3): 4 meses de edad de rebrote con la inclusión de 30% de harina de pisonay

8M10 (T4): 8 meses de edad de rebrote con la inclusión de 10% de harina de pisonay

8M20 (T5): 8 meses de edad de rebrote con la inclusión de 20% de harina de pisonay

8M30 (T6): 8 meses de edad de rebrote con la inclusión de 30% de harina de pisonay

12M10 (T7): 12 meses de edad de rebrote con la inclusión de 10% de harina de pisonay



12M20 (T8): 12 meses de edad de rebrote con la inclusión de 20% de harina de pisonay

12M30 (T9): 12 meses de edad de rebrote con la inclusión de 30% de harina de pisonay

C20A (C0): inclusión de 20% de harina de alfalfa

Tabla 7. Insumos utilizados en la elaboración de dietas para cuyes, %

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | C0 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Insumos | | | | | | | | | | |
| Harina de pisonay | 10.0 | 20.0 | 30.0 | 10.0 | 20.0 | 30.0 | 10.0 | 20.0 | 30.0 | |
| Harina de alfalfa | | | | | | | | | | 20.0 |
| Afrecho de trigo | 58.1 | 39.9 | 22.0 | 58.2 | 40.3 | 22.6 | 59.2 | 42.2 | 25.4 | 45.9 |
| Torta de soya | 17.3 | 16.2 | 14.5 | 17.3 | 16.2 | 14.3 | 17.4 | 16.1 | 14.6 | 18.3 |
| Maíz | 11.9 | 21.3 | 31.4 | 11.9 | 21.0 | 31.0 | 10.9 | 19.2 | 27.9 | 11.9 |
| Fosfato dicálcico | | 1.2 | 1.0 | | 1.2 | 1.0 | | 1.2 | 1.0 | 0.9 |
| Carbonato de calcio | 1.6 | 0.4 | | 1.6 | 0.4 | | 1.6 | 0.4 | | 1.4 |
| Sal | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |
| Vitamina C | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 |
| Micosecuestante | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| Premix | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| DL- Metionina | 0.02 | 0.1 | 0.17 | 0.02 | 0.1 | 0.17 | 0.02 | 0.1 | 0.17 | 0.1 |
| Nutrientes calculados de las dietas | | | | | | | | | | |
| Materia seca, % | 93.7 | 93.6 | 93.5 | 93.6 | 93.6 | 93.5 | 93.6 | 93.6 | 93.8 | 93.4 |
| Proteína, % MS | 17.9 | 17.7 | 17.5 | 17.8 | 17.7 | 17.6 | 17.9 | 17.8 | 17.8 | 17.4 |
| Energía digestible, Mcal/kg | 2.96 | 3.01 | 3.01 | 2.97 | 3.01 | 3.01 | 2.98 | 2.98 | 3.01 | 3.06 |

Los cuyes se criaron en jaulas de alambre tipo aéreo, de 0.9 m de largo x 0.9 m de ancho x 0.40 m de altura, espacio vital de 0.20 m²/cuy (78), que brindaron el bienestar a los animales. Cada jaula contaba con comederos tipo tolva, para el alimento integral, y bebederos tipo campana para proporcionar agua limpia. Los animales se sometieron a una etapa de acostumbramiento por 7 días y el ensayo tuvo una duración de 56 días, donde los cuyes recibieron el alimento una vez al día.

Una vez concluida la etapa del ensayo los cuyes se beneficiaron. La eutanasia se hizo mediante insensibilización por dislocación de las vértebras cervicales (79). Se tomaron muestras de sangre directamente de la vena yugular (80) en tubos sin anticoagulante para la obtención del suero, posteriormente, mediante centrifugación a 1398 x g durante 10 minutos (Hettich Rotofix 32A), previo reposo de 30 minutos. El sobrenadante obtenido



(suero) se decantó en viales de plástico, los cuales fueron conservados bajo congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

4.5 Técnica e instrumentos

La determinación de los metabolitos bioquímicos en el suero sanguíneo de cada cuy se efectuó en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAMBA, se utilizó los protocolos propuestos por la firma comercial (Valtek Diagnostics, Chile).

4.5.1 Determinación de glucosa sérica

Para la medición de la glucosa, se utilizó el método enzimático, que consiste en que la glucosa reacciona con el reactivo enzimático (enzimas glucosa oxidasa y peroxidasa), que producen un compuesto coloreado en cantidad proporcional a su concentración en la muestra (suero sanguíneo). La determinación en cada muestra se realizó por duplicado. En tres tubos de ensayo rotulados con B (Blanco), E (Estándar) y M (Muestra), con micropipetas Isolab (100-1000 uL) y Ultimate (10-100uL), se adicionó:

| | Blanco | Estándar | Muestra |
|--------------------------|--------|----------|---------|
| Muestra (mL) | --- | --- | 0.01 |
| Estándar (mL) | --- | 0.01 | --- |
| Reactivo de trabajo (mL) | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Se homogenizó inmediatamente y se incubó por 5 minutos a temperatura ambiente (20° a 25°C). Finalizado el tiempo de incubación se procedió a leer la absorbancia a 505 nm de longitud de onda en un analizador bioquímico semiautomático (Stat Fax 3300).

4.5.2 Determinación de colesterol total

Para la medición del colesterol, se utilizó el método enzimático, que consiste en que el colesterol reacciona con el reactivo enzimático que contiene una mezcla de colesterol esterhidrolasa, colesterol oxidasa y la enzima peroxidasa reacciona con el sistema cromogénico y producirá un compuesto coloreado en cantidad proporcional a su concentración en la muestra (suero sanguíneo). El análisis de las muestras de



cada cuy se realizó por duplicado. En tres tubos de ensayo marcados B (Blanco), E (Estándar) y M (Muestra), con micropipetas Isolab (100-1000 uL) y Ultimate (10-100uL), se adicionó:

| | Blanco | Estándar | Muestra |
|--------------------------|--------|----------|---------|
| Muestra (mL) | --- | --- | 0.01 |
| Estándar (mL) | --- | 0.01 | --- |
| Reactivo de trabajo (mL) | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Se homogenizó inmediatamente y se incubó por 10 minutos a temperatura ambiente (20° a 25° C). Finalizado el tiempo de incubación se procedió a leer la absorbancia a 505 nm de longitud de onda en un analizador bioquímico semiautomático (Stat Fax 3300).

4.5.3 Determinación de triacilgliceroles

Para la medición de triacilgliceroles, se utilizó el método enzimático, que consiste en que los triacilgliceroles reaccionan con el reactivo enzimático que contiene una mezcla de lipasa, glicerol quinasa, glicerol-fosfato oxidasa y la enzima peroxidasa producirá un compuesto coloreado en cantidad proporcional a su concentración en la muestra (suero sanguíneo). El análisis de las muestras de cada cuy se realizó por duplicado. En tres tubos de ensayo marcados B (Blanco), E (Estándar) y M (Muestra), con micropipetas Isolab (100-1000 uL) y Ultimate (10-100uL), se adicionó:

| | Blanco | Estándar | Muestra |
|--------------------------|--------|----------|---------|
| Muestra (mL) | --- | --- | 0.01 |
| Estándar (mL) | --- | 0.01 | --- |
| Reactivo de trabajo (mL) | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Seguidamente se homogenizó y se incubó por 5 minutos a temperatura ambiente (20° a 25° C), al finalizar la incubación se procedió a leer la absorbancia a 520 nm de longitud de onda en un analizador bioquímico semiautomático (Stat Fax 3300).



4.6 Análisis estadístico

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

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

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta

μ : Media general de la variable en estudio

F_i : Efecto de los tratamientos individuales

ϵ_{ij} : Error experimental

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

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

Donde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta

μ : Media general de la variable en estudio

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

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

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

ϵ_{ijk} : Error experimental



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Glucosa sérica

La glucosa sérica (Figura 2) fue diferente entre los tratamientos ($P < 0.05$), la dieta experimental de 4M10 fue 122.96 ± 14.40 mg/dL, además, 8M20 y 8M30 (128.31 ± 12.25 y 126.38 ± 23.34 mg/dL) y también, las dietas 12M10, 12M20 y 12M30 con promedios de 125.78 ± 26.06 , 118.14 ± 8.19 y 113.22 ± 19.13 mg/dL respectivamente, fueron similares al grupo control ($P > 0.05$); y las dietas 4M20 y 4M30 (144.78 ± 22.04 y 154.89 ± 11.74 mg/dL), además, de 8M10 (133.33 ± 4.90 mg/dL) se incrementaron y fueron diferentes al grupo control (109.76 ± 10.35 mg/dL) ($P < 0.05$).

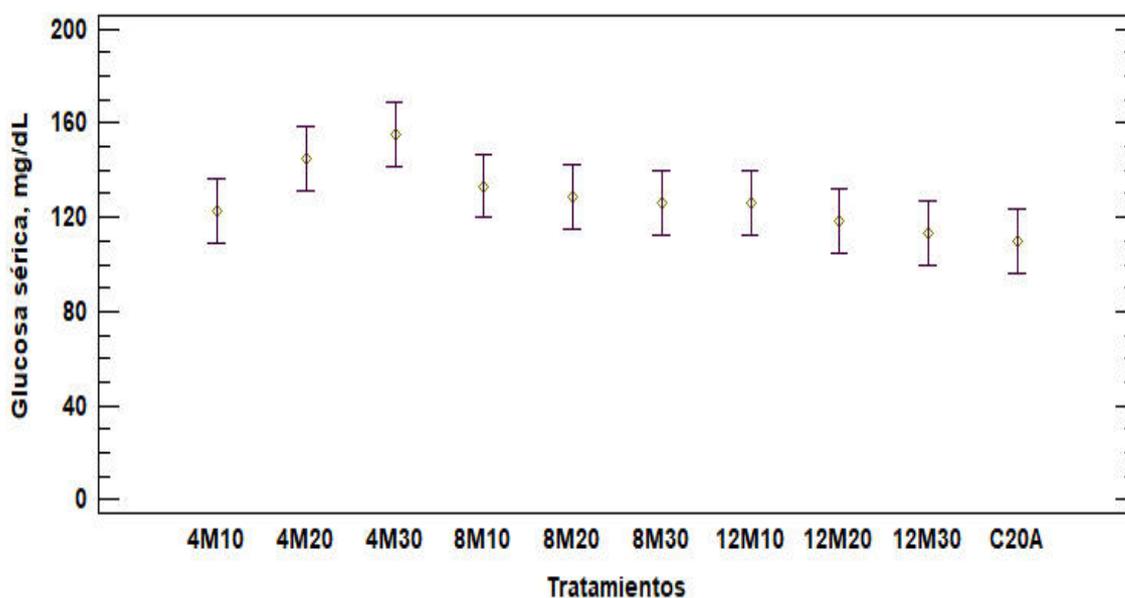


Figura 2. Niveles de glucosa sérica en cuyes por tratamiento

La glucosa sérica (Tabla 8) disminuyó por efecto de la edad de rebrote ($P < 0.05$), a los 4 meses fue mayor en 11.5 mg/dL en relación a 8 meses y en 21.8 mg/dL con respecto a 12 meses de edad de rebrote; y los porcentajes de inclusión de harina de pisonay no fueron significativamente diferentes ($P > 0.05$), también, se observó que la interacción entre la edad de rebrote y el porcentaje de inclusión influyen en el metabolito ($P < 0.05$).

Tabla 8. Glucosa sérica en cuyes (*Cavia porcellus*)

| Factor | Glucosa (mg/dL) |
|--------------------------|------------------|
| Edad de rebrote | |
| 4 meses | 140.88 ± 20.93 a |
| 8 meses | 129.34 ± 15.10 b |
| 12 meses | 119.05 ± 19.14 c |
| Factor | |
| Inclusión de harina | |
| 10% | 127.36 ± 17.24 a |
| 20% | 130.41 ± 18.43 a |
| 30% | 131.50 ± 25.20 a |
| Probabilidad | |
| Edad de rebrote (Er) | 0.0002 |
| Inclusión de harina (Ih) | 0.6902 |
| Er x Ih | 0.0049 |

Letras a, b y c expresan diferencia estadística entre medias

5.1.2 Colesterol total

Los niveles de colesterol total (Figura 2) fueron diferentes entre los tratamientos ($P < 0.05$), las dietas experimentales 4M10, 4M20 y 4M30 (32.69 ± 7.19 , 33.61 ± 6.77 y 36.65 ± 6.64 mg/dL), además, de la dieta 8M10 (30.95 ± 3.03 mg/dL) fueron similares al grupo control ($P > 0.05$); y las dietas 8M20 y 8M30 (26.29 ± 11.59 y 25.70 ± 3.67 mg/dL) y también las dietas 12M10, 12M20 y 12M30 (25.51 ± 5.00 , 25.42 ± 2.37 y 24.19 ± 4.63 mg/dL) disminuyeron y fueron diferentes al grupo control (37.20 ± 11.67 mg/dL) ($P < 0.05$).



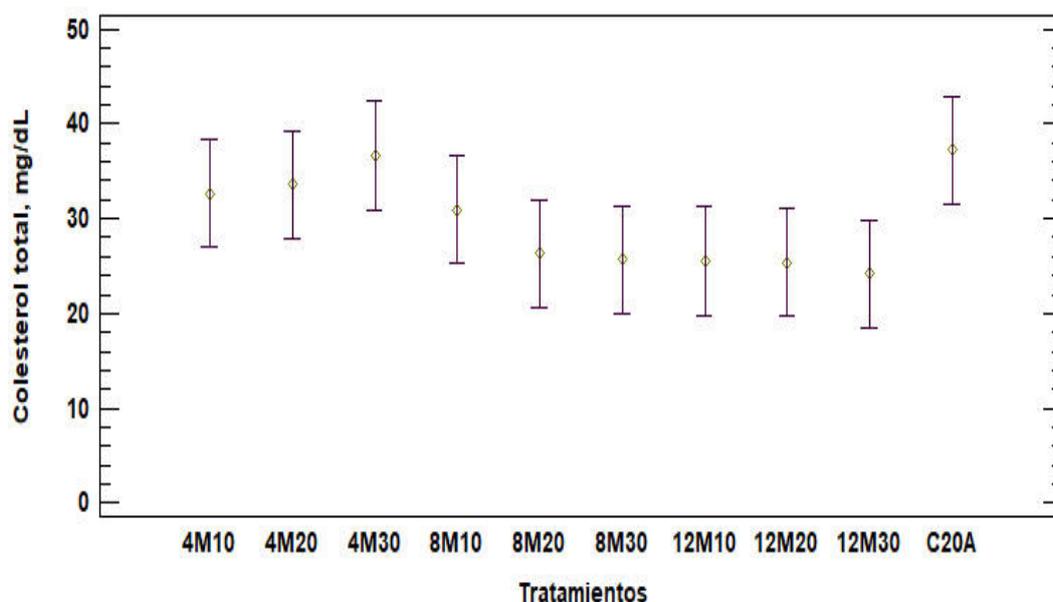


Figura 3. Niveles séricos de colesterol total en cuyes por tratamiento

El colesterol total sérico (Tabla 9) fue afectado por la edad de rebrote ($P < 0.05$), a los 4 meses de edad de rebrote fue mayor (34.32 ± 6.79 mg/dL) con respecto a 8 y 12 meses de edad de rebrote que fueron estadísticamente similares entre sí (27.65 ± 7.31 y 25.04 ± 4.03 mg/dL respectivamente); y no fueron significativamente diferentes entre los niveles de inclusión de harina de pisonay ($P > 0.05$).

Tabla 9. Colesterol total en cuyes (*Cavia porcellus*)

| Factor | Colesterol (mg/dL) |
|--------------------------|--------------------|
| Edad de rebrote | |
| 4 meses | 34.32 ± 6.79 a |
| 8 meses | 27.65 ± 7.32 b |
| 12 meses | 25.05 ± 4.03 b |
| Factor | |
| Inclusión de harina | |
| 10% | 29.72 ± 5.99 a |
| 20% | 28.44 ± 8.41 a |
| 30% | 28.85 ± 7.50 a |
| Probabilidad | |
| Edad de rebrote (Er) | 0.0000 |
| Inclusión de harina (Ih) | 0.7706 |
| Er x Ih | 0.3150 |

Letras a, b y c expresan diferencia estadística entre medias



5.1.3 Triacilgliceroles

Los niveles de triacilgliceroles (Figura 4) fueron diferentes entre los tratamientos ($P < 0.05$), las dietas experimentales de 8M30 (63.76 ± 12.08 mg/dL), además, de las 12M20 y 12 M30 (64.58 ± 9.88 y 53.11 ± 11.90 mg/dL) fueron similares al grupo control ($P > 0.05$); y las dietas 4M10, 4M20 y 4M30 (80.76 ± 14.44 , 81.13 ± 14.49 y 88.63 ± 13.74 mg/dL), además, de 8M10 y 8M20 (72.85 ± 14.43 y 68.91 ± 10.20 mg/dL) y también la 12M10 (69.80 ± 11.85 mg/dL) se incrementaron y fueron diferentes al grupo control (50.02 ± 11.41 mg/dL) ($P < 0.05$).

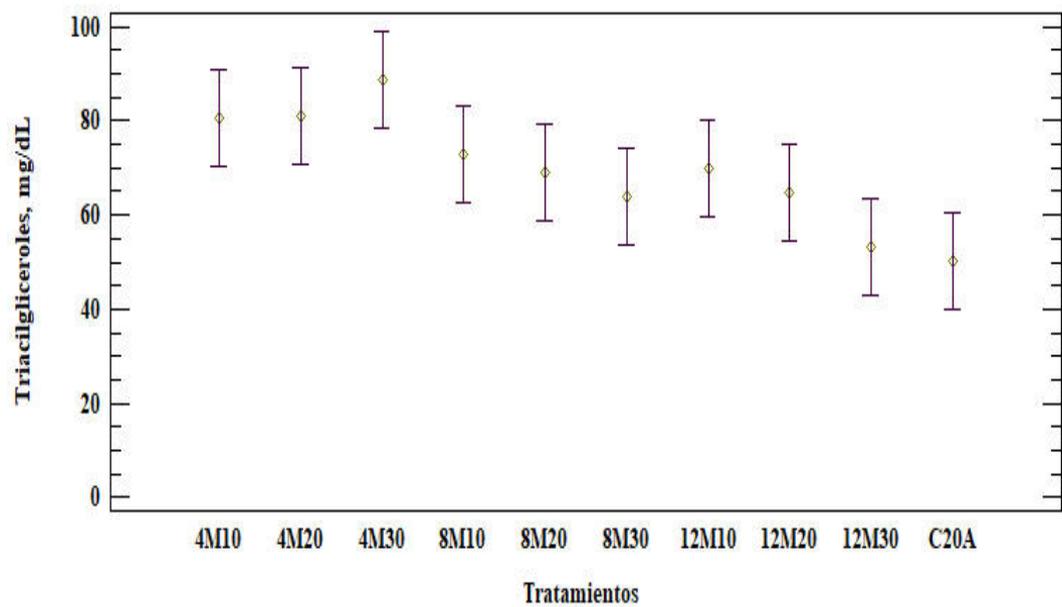


Figura 4. Niveles séricos de triacilgliceroles en cuyes por tratamiento

Los niveles séricos de los triacilgliceroles (Tabla 10) fueron afectados por la edad de rebrote ($P < 0.05$), a los 4 meses de edad de rebrote fue mayor (83.51 ± 14.09 mg/dL) con respecto a 8 y 12 meses de edad de rebrote que fueron estadísticamente similares entre sí (68.51 ± 12.40 y 62.49 ± 12.89 mg/dL respectivamente); y los niveles de inclusión de harina de pisonay no fueron significativamente diferentes entre sí ($P > 0.05$).

Tabla 10. Triacilgliceroles en cuyes (*Cavia porcellus*)

| Factor | Triacilgliceroles (mg/dL) |
|--------------------------|---------------------------|
| Edad de rebrote | |
| 4 meses | 83.51 ± 14.09 a |
| 8 meses | 68.51 ± 12.41 b |
| 12 meses | 62.50 ± 12.90 b |
| Factor | |
| Inclusión de harina | |
| 10% | 74.47 ± 13.86 a |
| 20% | 71.54 ± 13.29 a |
| 30% | 68.50 ± 19.39 a |
| Probabilidad | |
| Edad de rebrote (Er) | 0.0000 |
| Inclusión de harina (Ih) | 0.2714 |
| Er x Ih | 0.0842 |

Letras a, b y c expresan diferencia estadística entre medias

5.2 Discusión

La glucosa sérica entre los tratamientos estaba dentro de 88.11 a 177.05 mg/dL (Fig. 2, Tabla 11), que fueron diferentes con respecto al grupo control que denotó un rango de 94.05 a 122.75 mg/dL (Fig. 2, Tabla 11), los datos hallados estuvieron por debajo del límite inferior (139 mg/dL) mencionado por Gross, 2009 (61) y están por encima del límite superior de 124.3 mg/dL probablemente por la presencia de oxalatos (75), que es contradictorio por la no presencia de oxalatos en el género *Erythrina* (17) (18) (19) (44) (45) (46). Se observó que al incrementarse la edad de rebrote provocó la disminución de la glucosa sérica (Tabla 8) a los 8 meses (129.34 ± 15.10 mg/dL) y 12 meses (119.05 ± 19.14 mg/dL), que están por debajo del límite inferior (139 mg/dL) propuesto por Gross, 2009 (61) y se encuentran dentro de los rangos normales de 64.8 - 124.3 mg/dL (75), este comportamiento se observó en cuyes en etapa de crecimiento, donde la concentración de glucosa fue 151.7 mg/dL que corresponde al 40% alfalfa - 60% concentrado, mientras que el valor más bajo (103.7 mg/dL) correspondió al 100% alfalfa, indicadores que estuvieron dentro de los valores de referencia y por ende no provocaron algún desorden en el metabolismo de carbohidratos (31).

Además, el porcentaje de inclusión no provocó diferencias en los niveles de glucosa sérica (Tabla 8), pero al ser comparados, se observa que están por debajo del límite inferior



propuesto por Gross, 2009 (61) y ocurre todo lo contrario al ser comparado con el límite superior mencionado por Holowaychuk, 2006 (75), además, la inclusión de 12 a 28% de forraje fresco de pisonay en la dieta de cuyes indujo a niveles estables con cifras máximas en la dieta con 28% (56.6 ± 27.7 mg/dL) (30), este mismo comportamiento se observó con la ración diaria de 100 g/día de King grass como forraje y alimento balanceado con proporciones de 0, 7, 14, 21 y 28% de harina de *Erythrina*, como fuente de proteína en la alimentación de cuyes, no causó cambios en los perfiles de glucosa con rangos de 85 a 96 mg/dL (32), valores que están por debajo de los niveles séricos hallados en nuestro trabajo, la probable causa es la cantidad de energía digestible aportada en el dieta (3.0 Mcal/kg), que se traduce en un suministro constante de este nutriente indispensable, y solo se toleran cambios relativamente pequeños sin efectos adversos sobre la salud del animal (57).

Los niveles de colesterol total entre los tratamientos estaban en un rango de 12.70 a 48.40 mg/dL (Fig. 3, Tabla 16), que fueron diferentes con respecto al grupo control que denotó un rango de 22.45 a 52.25 mg/dL (Fig. 3, Tabla 16), los valores hallados estuvieron por debajo del límite inferior de 16 mg/dL y por encima del límite superior de 43 mg/dL (61), se observa el mismo comportamiento al ser comparados con los rangos hallados en cuyes machos de la línea Perú (22.7 - 33.3 mg/dL) que recibieron dietas de alfalfa, alfalfa más cebada y alfalfa más concentrado por siete semanas (76) y ocurrió lo mismo en cuyes machos física y clínicamente sanos, criados bajo las mismas condiciones ambientales que tuvieron una alimentación a base de alfalfa, donde el colesterol total fue de 18.59 a 40.15 mg/dL (77).

Se observó que al incrementarse la edad de rebrote provocó la disminución del colesterol total de 34.32 ± 6.79 mg/dL a los 4 meses de edad de rebrote hasta 27.65 ± 7.32 mg/dL a los 8 meses y de 25.05 ± 4.03 mg/dL a los 12 meses de edad de rebrote (Tabla 9), valores que están dentro de los rangos indicados para cuyes (61) (76) (77), esto nos indicaría que la edad de rebrote no provocaría desórdenes en el metabolismo de lípidos (31).

El porcentaje de inclusión no provocó diferencias en los niveles séricos de colesterol total (Tabla 9), pero al ser comparados, se observa que están dentro de los rangos hallados para cuyes (61) (76) (77), resultan ser contradictorios, que al incrementar la cantidad de pisonay de 12 a 28% provocó que los niveles séricos disminuyan en 50% en la evolución del colesterol y alcancen el máximo valor en la dieta 2 (111.0 ± 50.9 mg/dL) (30).

Los niveles de triacilgliceroles entre los tratamientos estaban en un rango de 33.2 a 113.80 mg/dL (Fig. 4, Tabla 21), que fueron diferentes con respecto al grupo control que denotó un rango de 31.90 a 69.20 mg/dL (Fig. 4, Tabla 21), con respecto al límite inferior los valores hallados están en el rango normal de 33 mg/dL y por encima del límite superior de



104 mg/dL (61), los valores hallados son comparables a cuyes que recibieron una alimentación mixta con 60% de concentrado, 63.8 mg/dL, (31), y se observa un comportamiento contradictorio en cuyes que recibieron mayor proporción de alfalfa donde los niveles séricos hallados están alrededor de 39.1 mg/dL (31), con rangos de 21.0 a 25.3 mg/dL (76) y de 23.10 a 32.59 mg/dL (77).

Se observó que al incrementarse la edad de rebrote provocó la disminución de los triacilgliceroles de 83.51 mg/dL a los 4 meses de edad de rebrote en 18% y 32% con respecto a los 8 y 12 meses de edad de rebrote respectivamente (Tabla 10), valores que están dentro de los rangos indicados para cuyes (61) y ocurre todo lo contrario con los rangos indicados para cuyes que fueron alimentados con alfalfa (31) (76) (77).

El porcentaje de inclusión no provocó diferencias en los niveles séricos de los triacilgliceroles (Tabla 10), pero al ser comparados, se observa que están dentro de los rangos hallados para cuyes (61), se observa el mismo comportamiento, que al incrementar la cantidad de pisonay de 12 a 28%, provocó que los niveles séricos en la dieta 4 sea el mayor valor (72.8 ± 22.7 mg/dL) y el mínimo valor en la dieta 3 (44.9 ± 12.5 mg/dL) (30). La reducción de los niveles de glucosa sérica por efecto de la edad de rebrote, probablemente se debe a la presencia leve a cuantiosa de saponinas (44) y alcaloides (17) (18) (19) (44) (45) (46), además de fenoles (18) (19) (45), taninos (17) (18) (45) (46) y de esteroides (17) (44) (46) en especies del género *Erythrina*, esto nos indicaría, que la harina de pisonay, como insumo en el alimento integral para cuyes, a mayor tiempo de consumo, podría provocar un efecto hipoglucémico, como ocurrió en los extractos acuosos de *Vernonia anygdalina* (hoja amarga), que se administraron en cuyes para evaluar el manejo de la hiperglucemia, después de 60 minutos provocó la disminución de glucosa en sangre (34).

La disminución del colesterol total y de triacilgliceroles en el suero sanguíneo de cuyes, por efecto de la edad de rebrote, probablemente se deba a la presencia de factores antinutricionales como saponinas (44), alcaloides (17) (18) (19) (44) (45) (46) y taninos (17) (18) (45) (46) en especies del género *Erythrina*, se observó el mismo comportamiento con las hojas de *Talinum triangulare* (falsa espinaca), que tiene diferentes compuestos bioactivos como alcaloides, cardioglicósidos, flavonoides, pectinasas, polifenoles, taninos y saponinas, que al ser administrados en extractos hidroalcohólicos, vía oral, provocaron un efecto reductor de colesterol total y triacilglicéridos, este comportamiento provocaría el incremento del flujo de ácidos grasos de la sangre hacia los tejidos (33). Esto es corroborado, por la influencia del extracto alcohólico de *Erythrina variegata* (Ev) sobre la aterosclerosis experimental en cuyes, que provocaron la reducción del colesterol total en



33% (40.67 mg/dL) y los triacilgliceroles en 39% (27.9 mg/dL), esto demuestra su influencia hipolipidémica marginal por los fitoconstituyentes aislados (35).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los niveles séricos de glucosa, colesterol y triacilgliceroles denotaron una disminución al incrementarse la edad de rebrote y el porcentaje de inclusión de la harina de pisonay no provocó variaciones en los metabolitos séricos, metabolitos que estuvieron dentro de los rangos normales para los cuyes, esto nos demostraría, que bajo ciertas circunstancias establecidas en la presente investigación, la harina de pisonay en la alimentación para cuyes no provocaría toxicidad.

6.2 Recomendaciones

Por los resultados positivos en la nutrición de los cuyes se debe desarrollar bosques de árboles de pisonay como aporte proteico, para incrementar la producción de harina de diferentes partes de la planta.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Huamaní Ñ. G, Zea M. O, Gutiérrez R. G, Vilchez P. C. Efecto de tres sistemas de alimentación sobre el comportamiento productivo y perfil de ácidos grasos de carcasa de cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev Investig Vet del Perú*. 2016;27(3):486.
2. Instituto Nacional de Estadística e Informática. IV Censo Nacional Agropecuario [Internet]. Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario. 2012. 62 p. Available from:
<http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
3. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Principales Resultados, Pequeñas, Medianas y Grandes Unidades Agropecuarias [Internet]. 2018. 123 p. Available from:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1593/
4. Anbarasu C, Dutta N, Sharma K, Naulia U. Blood biochemical profile and rumen fermentation pattern of goats fed leaf meal mixture or conventional cakes as dietary protein supplements. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 2002;15(5):665–70.
5. Ahmad AE, Ibrahim AAS, Ebtehag I, Mohamed SA, Hassan MS. Effect of Feeding Dry Moringa oleifera Leaves on the Performance of Suckling Buffalo Calves. *Asian J Anim Sci*. 2016;11(1):32–9.
6. Atsamo AD, Nguenefack TB, Datté JY, Kamanyi A. Acute and subchronic oral toxicity assessment of the aqueous extract from the stem bark of *Erythrina senegalensis* DC (Fabaceae) in rodents. *J Ethnopharmacol* [Internet]. 2011;134(3):697–702. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2011.01.023>
7. Jiwuba PC, Ugwu DO, Kadurumba OE, Dauda E. Haematological and serum biochemical indices of weaner rabbits fed varying levels of dried *Gmelina arborea* leaf meal. *Int Blood Res Rev*. 2016;6(2):1–8.
8. Cárdenas-Villanueva LA, Ramirez-Borda Y, Ramos-de la Riva VA, Gómez-Quispe OE. Efecto del pisonay (*Erythrina* sp) y alfalfa (*Medicago sativa*) en el daño hepático de cuyes (*Cavia porcellus*). Trujillo; 2018.
9. Lim TK. *Erythrina variegata*. In: *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*. Springer; 2014. p. 788–805.
10. Soul W, Mupangwa J, Muchenje V, Mpendulo TC. Biochemical indices and haematological parameters of goats fed lablab purpureus and vigna unguiculata as supplements to a chloris gayana basal diet. *Vet Anim Sci* [Internet].



- 2019;8(June):100073. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100073>
11. Fernandez ML, Volek JS. Guinea pigs: A suitable animal model to study lipoprotein metabolism, atherosclerosis and inflammation. *Nutr Metab (Lond)*. 2006;3(1):1–6.
 12. 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>
 13. 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.
 14. Njidda AA, Olatunji E., Raji AY. Semi arid browse forages: Their antinutritive substances and in sacco neutral detergent fibre and organic matter degradability. *IOSR J Agric Vet Sci*. 2012;1(6):21–30.
 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. Pino-Rodríguez S, Prieto-González S, Pérez-Rodríguez ME, Molina-Torres J. Género *Erythrina*: Fuente de metabolitos secundarios con actividad biológica. *Acta Farm Bonaer [Internet]*. 2004;23(2):252–8. Available from: http://www.latamjpharm.org/trabajos/23/2/LAJOP_23_2_5_3_5CCQ1E589W.pdf.
 17. Alvear CM, Melo W, Apráez JE, Gálvez A, Insuasty EG. Tree and shrub species with potential silvopastoral in the tropical dry forest of northern Cauca and southern Nariño. *Agroforestería Neotrop [Internet]*. 2013;3:37–46. Available from: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/322/286>
 18. Rodríguez Y, Chongo B, La O O, Oramas A, Scull I, Achang G. Tamizaje fitoquímico de *Erythrina mysorensis* y determinación de su potencial nutritivo mediante la técnica de producción de gas in vitro . Estudio preliminar. *Rev Cuba Cienc Agrícola [Internet]*. 2004;3(2):161–6. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017901008>
 19. Baldizán A, Domínguez C, García DE, Chacón E, Aguilar L. Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en el bosque deciduo tropical de los llanos centrales venezolanos. *Zootec Trop [Internet]*. 2006;24(3):213–32. Available from: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000300003.
 20. Araújo-Júnior JX, Oliveira MSG, Aquino PGV, Alexandre-Moreira MS, Sant’Ana



- AEG. A Phytochemical and ethnopharmacological review of the genus *Erythrina*. In: Rao V, editor. *Phytochemicals – A global perspective of their role in nutrition and health*. Londres: Intechopen; 2012. p. 327–52.
21. Adedapo AA, Abatan MO, Olorunsogo OO. Effects of some plants of the spurge family on haematological and biochemical parameters in rats. *Vet Arh [Internet]*. 2007;77(1):29–38. Available from: <https://hrcak.srce.hr/25176>
 22. Flores-Manchenco CI, Duarte C, Salgado-Tello IP. Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Rev Cien Agri [Internet]*. 2017;14(1):39–45. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5971205>
 23. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Nueva tabla de composición de alimentos [Internet]. 2012. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/nota02.pdf
 24. Schleier R, Quirino CS, Rahme S. *Erythrina mulungu*: descrição botânica e indicações clínicas a partir da antroposofia TT - *Erythrina mulungu*: Botanical description and clinical indications from anthroposophy. *Arte med ampl [Internet]*. 2016;36(4):162–7. Available from: <http://abmanacional.com.br/wp-content/uploads/2017/06/36-4-Erythrina-mulungu1.pdf>⁰<http://fi-admin.bvsalud.org/document/view/c5hb6>
 25. Bohada CM, Ospina LA, Vargas JE. Identification and characterization of plant species with forage potential in the high tropics of the tapias river basin [Internet]. *Livestock Research for Rural Development*. 2017. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018405938&partnerID=40&md5=ce4d26abdc599abf621e14cbc180a57>
 26. Yisehak K, Janssens G. Evaluation of nutritive value of leaves of tropical tanniferous trees and shrubs. *Livest Res Rural Dev [Internet]*. 2013;25(2). Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd25/2/yise25028.htm>
 27. 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>
 28. 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.
 29. 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.
 30. Bustinza RH, Cárdenas LA, Sánchez CZ, Ramírez Y. Perfil bioquímico sanguíneo de



- cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con pisonay (*Erythrina* sp). In: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, editor. Memorias XXXVII Reunión científica anual de la asociación peruana de producción animal. Abancay; 2014. p. 270–1.
31. Vega Ugarte AO. Evaluación del perfil bioquímico sanguíneo de tres dietas en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de crecimiento en una granja Comercial. Paucarpata-Arequipa 2016 [Internet]. Universidad Católica de Santa María; 2016. Available from: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6088>
 32. 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.
 33. González Madariaga Y, Orestes Castillo A, Santiesteban Muñoz D, Mena Linares Y, Blanco Machado F. Evaluación del efecto hipolipemiante de *Talinum triangulare* (falsa espinaca) y *Abelmoschus esculentus* (quimbombó). *Rev Cuba Plantas Med* [Internet]. 2015;20(3):290–300. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000300004
 34. Oruambo IF, Onuba EO, Anyim SD. Glucose tolerance test in hyperglycemic guinea pigs treated with aqueous *Vernonia amygdalina*. *Endocrinology* [Internet]. 2010;18(1):21–6. Available from: https://jag.journalagent.com/z4/download_fulltext.asp?pdire=ias&plng=eng&un=IAS-63644
 35. Kalachaveedu M, Kuruvilla S, Balakrishna K. Effect of *Erythrina variegata* on experimental atherosclerosis in guinea pigs. *J Pharmacol Pharmacother.* 2011;2(4):585–7.
 36. Acero Duarte LE. Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú (*Erythrina edulis*) [Internet]. Bogotá: Convenio Andres Bello; 2002. 64 p. Available from: <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll10/id/1300>
 37. Abadingo M, Calleja JM, Rhodora Lumang M, Miña M, Nono K. Vegetation survey and roadmap update of the up Arboretum. *Ekolohiya* [Internet]. 2002;1(1):68–91. Available from: <https://ekolohiya.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/research/arbomap.pdf>
 38. 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
39. Escamilo S. El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investig Soc.* 2012;16(28):16–20.
 40. Velásquez LF, Montoya DF, Jiménez AA, Murillo W, Méndez JJ. Género *Erythrina*: Actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico [Internet]. Ibagué-Tolima: Sello Editorial Universidad del Tolima; 2019. 132 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/335704326_Genero_Erythrina_Actualidad_en_la_investigacion_y_perspectivas_de_desarrollo_cientifico
 41. D’Mello JPF. Effects of antinutritional factors and mycotoxins on feed intake and on the morphology and function of the digestive system. Vol. 4, *Biology of Growing Animals*. Elsevier Ltd; 2006. 419–438 p.
 42. Ospina-Daza LA, Buitrago-Guillen ME, Vargas-Sánchez JE. Identification and degradation of mimosine, a toxic compound in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Pastos y Forrajes* [Internet]. 2017;40(4):257–64. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n4/pyf01417.pdf>
 43. Nepomuceno D, Carvalho JC, Carvalho MG, Duarte R, Catunda F. Classes of secondary metabolites identified in three legume species. *Rev Bras Zootec.* 2013;42(10):700–5.
 44. Fuertes CM, Jurado B, Gordillo GC, Negrón LP, Núñez E, Esteban M, et al. Estudio integral de plantas biocidas del algodónero. *Cienc Invest.* 2010;13(1):34–41.
 45. 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.
 46. Almeida EE. Caracterização farmacognóstica da espécie *Erythrina falcata* Benth., Fabaceae. *Rev Bras Farmacogn.* 2010;20(1):100–5.
 47. Chauca L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) [Internet]. 1997. Available from: <http://www.fao.org/3/w6562s/w6562s00.htm>
 48. Merchant HA, McConnell EL, Liu F, Ramaswamy C, Kulkarni R, Basit AW, et al. Assessment of gastrointestinal pH, fluid and lymphoid tissue in the guinea pig, rabbit and pig, and implications for their use in drug development. *Eur J Pharm Sci.* 2011;42(1–2):3–10.
 49. Fuss S. Physiologie et pathologie digestives du cobaye domestique *Cavia porcellus* [Internet]. Université de Toulouse; 2002. Available from: https://oatao.univ-toulouse.fr/980/1/debouch_980.pdf



50. Clemons DJ, Seeman JL. The laboratory guinea pig [Internet]. 2th editio. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Florida: Taylor & Francis; 2018. 177 p. Available from: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/40087>
51. Cardona Iglesias JL, Portillo López PA, Carlosama Ojeda LD, Vargas J de J, Avellaneda Avellaneda Y, Burgos Paz WO, et al. Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy. *Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy*. Mosquera: Agrosavia; 2020. 104 p.
52. Fraser R. The role of dietary triglycerides in cholesterol metabolism. *Atherosclerosis*. 1974;19(2):327–36.
53. Mendoza Ordonez G, Sanchez Pereyra G, León Gallardo Z, Loyaga Cortez B. Effect of Dietary Sacha Inchi Pressed Cake as a Protein Source on Guinea Pig Carcass Yield and Meat Quality. *Pakistan J Nutr*. 2019;18(11):1021–7.
54. NRC. Nutrient requirements of the guinea pig. In: *Nutrient Requirements of Laboratory Animals*. 1995. p. 103–24.
55. Apraez-Guerrero JE, Fernandez-Pármio L, Hernandez-Gonzaás 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>
56. 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>
57. Kaneko J. Carbohydrate metabolism and its diseases. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML, editors. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6th Ed. Elsevier; 2008. p. 45–80.
58. Latimer KS, Prasse KW, Mahaffey EA. *Patología Clínica Veterinaria*. 4th Ed. Barcelona: Multimédica; 2005. 558 p.
59. Egu UN. Effect of graded levels of *Moringa oleifera* leaf meal on performance and serum biochemical parameters of broiler chickens. *J Anim Sci Vet Med*. 2019;4(1):1–8.
60. Bioltif YE, Sase TJ, Nehemiah TO. Phytochemical Screening and Review of the Pharmacological Importance of *Erythrina Senegalensis* Phytochemical Screening and Review of the Pharmacological Importance of *Erythrina Senegalensis*. *Int J Trend Sci Res Dev*. 2020;4(3):292–6.



61. Gross DR. General principles of animal selection and normal physiological values. In: Gross DR, editor. *Animal models in cardiovascular research*. Third Edit. New York: Springer Dordrecht Heidelberg; 2009. p. 1–16.
62. Nafikov RA, Beitz DC. Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals. *J Nutr*. 2007;137(3):702–5.
63. Washington IM, Van Hoosier G. Clinical biochemistry and hematology. In: Suckow MA, Stevens KA, Wilson RP, editors. *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents*. Elsevier; 2012. p. 57–116.
64. Garrido Pertierra A, Teijón Rivera JM, Blanco Gaitán MD, Olmo López R, Teijón López C, Castel Segui B. *Bioquímica metabólica Conceptos y Tests*. 2th Ed. Madrid: Editorial Tebas S.L.; 2009. 392 p.
65. Klein BG. Cunningham. *Fisiología veterinaria*. 5th Ed. Barcelona: Elsevier España S.L.; 2014. 624 p.
66. Bruss ML. Lipids and ketones. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML, editors. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6th Ed. Elsevier Academic Press; 2008. p. 81–115.
67. Myant NB. Cholesterol Metabolism. *J clin Path*. 1973;1–5(1):1–4.
68. West KL, Fernandez ML. Guinea Pigs as Models to Study the Hypocholesterolemic Effects of Drugs. *Cardiovasc Drug Rev*. 2004;22(1):55–70.
69. Fernandez ML. Guinea pigs as models for human cholesterol and lipoprotein metabolism. *J Nutr*. 2001;131(1):10–20.
70. Bassat M, Mokady S. The effect of amino-acid-supplemented wheat gluten on cholesterol metabolism in the rat. *Br J Nutr*. 1985;53(1):25–30.
71. Macías Alvia A, Hurtado Astudillo JR, Cedeño Holguín DM, Vite Solórzano FA, Scott Álava MM, Vallejo Valdivieso PA, et al. *Introducción al estudio de la bioquímica*. Alicante: Área de innovación y desarrollo S.L.; 2018. 120 p.
72. Yang R, Guo P, Song X, Liu F, Gao N. Hyperlipidemic guinea pig model: Mechanisms of triglyceride metabolism disorder and comparison to rat. *Biol Pharm Bull*. 2011;34(7):1046–51.
73. DeOgburn R, Leite JO, Ratliff J, Volek JS, McGrane MM, Fernandez ML. Effects of increased dietary cholesterol with carbohydrate restriction on hepatic lipid metabolism in guinea pigs. *Comp Med [Internet]*. 2012;62(2):109–15. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3318247/pdf/cm2012000109.pdf>
74. Alves-Bezerra M, Cohen DE. Triglyceride metabolism in the liver. *Compr Physiol*. 2018;8(1):1–22.
75. Holowaychuk MK. Renal failure in a guinea pig (*Cavia porcellus*) following ingestion



- of oxalate containing plants. *Can Vet J* [Internet]. 2006;47(8):787–9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1524846/>
76. Aybar Reyes MA. Perfil lipídico sanguíneo de cuyes en crecimiento en el C.E. Pampa del Arco – Ayacucho [Internet]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2011. Available from: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3060>
77. Huamán Condori JH. Niveles séricos de lípidos totales, triglicéridos, colesterol y correlaciones en cuyes (*Cavia porcellus* L.) del CIP Majes, Arequipa [Internet]. Universidad Nacional del Altiplano de Puno; 2019. Available from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12919>
78. Cáceres F, Jiménez R, Ara M, Huamán H, Huamán A. Evaluación del espacio vital de cuyes criados en pozas. *Rev Inv Vet Perú* [Internet]. 2004;15(2):100–12. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v15n2/a03v15n2.pdf>
79. Jurado-Gómez H, Cabrera-Lara EJ, Salazar JA. Comparison of two types of sacrifice and different ripening times on physico-chemical and microbiological variables of guinea pig (*Cavia porcellus*) meat. *Rev la Fac Med Vet y Zootec*. 2016;63(3):201–17.
80. Pilny AA. Clinical hematology of rodent species. *Vet Clin North Am - Exot Anim Pract*. 2008;11(3):523–33.



ANEXOS



Tabla 11. Datos estadísticos para la glucosa sérica

| Tratamiento | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación (%) | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|----------|---------------------|-------------------------------|--------|--------|
| 4M10 | 8 | 122.969 | 14.4014 | 11.7114 | 95.20 | 145.10 |
| 4M20 | 8 | 144.775 | 22.0439 | 15.2263 | 117.40 | 177.05 |
| 4M30 | 8 | 154.887 | 11.7429 | 7.58158 | 136.95 | 169.25 |
| 8M10 | 8 | 133.331 | 4.90626 | 3.67975 | 126.10 | 140.40 |
| 8M20 | 8 | 128.315 | 12.2563 | 9.55175 | 112.28 | 146.75 |
| 8M30 | 8 | 126.381 | 23.3494 | 18.4754 | 95.10 | 158.35 |
| 12M10 | 8 | 125.785 | 26.0652 | 20.7220 | 88.11 | 167.42 |
| 12M20 | 8 | 118.148 | 8.19011 | 6.93211 | 105.73 | 126.15 |
| 12M30 | 8 | 113.225 | 19.1330 | 16.8982 | 90.45 | 147.35 |
| C20A | 8 | 109.775 | 10.3589 | 9.43647 | 94.05 | 122.75 |
| Total | 80 | 127.759 | 20.4677 | 16.0205 | 88.11 | 177.05 |

Tabla 12. ANOVA para glucosa sérica por tratamiento

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 13701.1 | 9 | 1522.35 | 5.49 | 0.0000 |
| Intra grupos | 19393.9 | 70 | 277.056 | | |
| Total (Corr.) | 33095.1 | 79 | | | |

Tabla 13. Prueba de Dunnet para glucosa sérica por tratamiento

| Ti – Tcontrol | Diferencia | ALS(DN) | Grupos Homogéneos |
|---------------|------------|---------|-------------------|
| 4M10 – C20A | 13.1938 | 22.9701 | X |
| 4M20 – C20A | 35.0000 | 22.9701 | X |
| 4M30 – C20A | 45.1125 | 22.9701 | X |
| 8M10 – C20A | 23.5563 | 22.9701 | X |
| 8M20 – C20A | 18.5385 | 22.9701 | X |
| 8M30 – C20A | 16.6063 | 22.9701 | X |
| 12M10 – C20A | 16.0100 | 22.9701 | X |
| 12M20 – C20A | 8.3740 | 22.9701 | X |
| 12M30 – C20A | 3.4500 | 22.9701 | X |
| C20A | | | X |

Tabla 14. Análisis de varianza para glucosa sérica según factores

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Efectos principales | | | | | |
| A:Edad de rebrote | 5721.95 | 2 | 2860.97 | 9.67 | 0.0002 |
| B:Nivel de inclusión | 220.754 | 2 | 110.377 | 0.37 | 0.6902 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 4883.52 | 4 | 1220.88 | 4.13 | 0.0049 |
| Residuos | 18642.8 | 63 | 295.917 | | |
| Total (corregido) | 29469.0 | 71 | | | |



Tabla 15. Prueba de Duncan para glucosa sérica por edad de rebrote

| Edad de rebrote | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|-----------------|-------|----------|----------|-------------------|
| 12 | 24 | 119.053 | 3.5114 | X |
| 8 | 24 | 129.343 | 3.5114 | X |
| 4 | 24 | 140.877 | 3.5114 | X |



Tabla 16. Datos estadísticos para colesterol total

| Tratamiento | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación (%) | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|----------|---------------------|-------------------------------|--------|--------|
| 4M10 | 8 | 32.6938 | 7.19759 | 22.0152 | 24.10 | 41.85 |
| 4M20 | 8 | 33.6125 | 6.77331 | 20.1512 | 24.95 | 40.40 |
| 4M30 | 8 | 36.6500 | 6.64476 | 18.1303 | 28.55 | 48.40 |
| 8M10 | 8 | 30.9500 | 3.03692 | 9.81233 | 25.20 | 33.95 |
| 8M20 | 8 | 26.2937 | 11.5948 | 44.0972 | 12.70 | 44.35 |
| 8M30 | 8 | 25.7062 | 3.67399 | 14.2922 | 19.50 | 29.95 |
| 12M10 | 8 | 25.5187 | 5.00057 | 19.5957 | 20.00 | 33.80 |
| 12M20 | 8 | 25.4275 | 2.37654 | 9.34633 | 21.09 | 28.18 |
| 12M30 | 8 | 24.1938 | 4.63268 | 19.1483 | 16.40 | 31.10 |
| C20A | 8 | 37.2000 | 11.6746 | 31.3833 | 22.45 | 52.25 |
| Total | 80 | 29.8246 | 8.11512 | 27.2095 | 12.70 | 52.25 |

Tabla 17. ANOVA para colesterol total por tratamiento

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 1790.71 | 9 | 198.967 | 4.08 | 0.0003 |
| Intra grupos | 3411.85 | 70 | 48.7408 | | |
| Total (Corr.) | 5202.56 | 79 | | | |

Tabla 18. Prueba de Dunnet para colesterol total por tratamiento

| Ti – Tcontrol | Diferencia | ALS(DN) | Grupos Homogéneos |
|---------------|------------|---------|-------------------|
| 4M10 – C20A | 4.5062 | 9.6344 | X |
| 4M20 – C20A | 3.5875 | 9.6344 | X |
| 4M30 – C20A | 0.5500 | 9.6344 | X |
| 8M10 – C20A | 6.2500 | 9.6344 | X |
| 8M20 – C20A | 10.9063 | 9.6344 | X |
| 8M30 – C20A | 11.4938 | 9.6344 | X |
| 12M10 – C20A | 11.6813 | 9.6344 | X |
| 12M20 – C20A | 11.7720 | 9.6344 | X |
| 12M30 – C20A | 13.0063 | 9.6344 | X |
| C20A | | | X |

Tabla 19. Análisis de varianza para colesterol total según factores

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Efectos principales | | | | | |
| A:Edad de rebrote | 1097.77 | 2 | 548.884 | 14.07 | 0.0000 |
| B:Nivel de inclusión | 20.4122 | 2 | 10.2061 | 0.26 | 0.7706 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 189.004 | 4 | 47.2511 | 1.21 | 0.3150 |
| Residuos | 2457.78 | 63 | 39.0124 | | |
| Total (corregido) | 3764.97 | 71 | | | |



Tabla 20. Prueba de Duncan para colesterol total por edad de rebrote

| Edad de rebrote | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|-----------------|-------|----------|----------|-------------------|
| 12 | 24 | 25.0467 | 1.27496 | X |
| 8 | 24 | 27.6500 | 1.27496 | X |
| 4 | 24 | 34.3188 | 1.27496 | X |



Tabla 21. Datos estadísticos para triacilgliceroles

| Tratamiento | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación (%) | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|----------|---------------------|-------------------------------|--------|--------|
| 4M10 | 8 | 80.7688 | 14.4469 | 17.8867 | 61.2 | 99.35 |
| 4M20 | 8 | 81.1313 | 14.4973 | 17.8690 | 64.6 | 102.65 |
| 4M30 | 8 | 88.6312 | 13.7407 | 15.5032 | 68.5 | 113.80 |
| 8M10 | 8 | 72.8500 | 14.4331 | 19.8120 | 57.5 | 99.35 |
| 8M20 | 8 | 68.9175 | 10.2047 | 14.8071 | 56.0 | 83.73 |
| 8M30 | 8 | 63.7625 | 12.0817 | 18.9480 | 51.5 | 85.70 |
| 12M10 | 8 | 69.8012 | 11.8535 | 16.9817 | 51.6 | 85.40 |
| 12M20 | 8 | 64.5800 | 9.88938 | 15.3134 | 50.6 | 76.64 |
| 12M30 | 8 | 53.1125 | 11.9027 | 22.4104 | 33.2 | 69.35 |
| C20A | 8 | 50.0250 | 11.4137 | 22.8161 | 31.9 | 69.20 |
| Total | 80 | 69.3580 | 16.6087 | 23.9463 | 31.9 | 113.8 |

Tabla 22. ANOVA para triacilgliceroles por tratamiento

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 10757.4 | 9 | 1195.27 | 7.58 | 0.0000 |
| Intra grupos | 11034.5 | 70 | 157.636 | | |
| Total (Corr.) | 21791.9 | 79 | | | |

Tabla 23. Prueba de Duinnet para triacilgliceroles por tratamiento

| Ti – Tcontrol | Diferencia | ALS(DN) | Grupos Homogéneos |
|---------------|------------|---------|-------------------|
| 4M10 – C20A | 30.7438 | 17.3263 | X |
| 4M20 – C20A | 31.1063 | 17.3263 | X |
| 4M30 – C20A | 38.6063 | 17.3263 | X |
| 8M10 – C20A | 22.8250 | 17.3263 | X |
| 8M20 – C20A | 18.8917 | 17.3263 | X |
| 8M30 – C20A | 13.7375 | 17.3263 | X |
| 12M10 – C20A | 19.7747 | 17.3263 | X |
| 12M20 – C20A | 14.5550 | 17.3263 | X |
| 12M30 – C20A | 3.0875 | 17.3263 | X |
| C20A | | | X |

Tabla 24. Análisis de varianza para triacilgliceroles según factores

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Efectos principales | | | | | |
| A:Edad de rebrote | 5621.46 | 2 | 2810.73 | 17.49 | 0.0000 |
| B:Nivel de inclusión | 427.919 | 2 | 213.959 | 1.33 | 0.2714 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 1385.68 | 4 | 346.421 | 2.16 | 0.0842 |
| Residuos | 10122.6 | 63 | 160.676 | | |
| Total (corregido) | 17557.7 | 71 | | | |



Tabla 25. Prueba de Duncan para triacilgliceroles por edad de rebrote

| Edad de rebrote | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|-----------------|-------|----------|----------|-------------------|
| 12 | 24 | 62.4979 | 2.58744 | X |
| 8 | 24 | 68.51 | 2.58744 | X |
| 4 | 24 | 83.5104 | 2.58744 | X |





Figura 5. Galpón para la crianza de cuyes en Mosoccpampa



Figura 6. Alimento integral etiquetado según tratamientos



Figura 7. Jaulas de malla de alambre tipo aéreo



Figura 8. Consumo de alimento integral en comederos tipo tolva



Figura 9. Gradillas y tubos de ensayo



Figura 10. Analizador bioquímico semiautomático Stat Fax 3300



Figura 11. Distribución de reactivos de trabajo y muestras



Figura 12. Lectura de las muestras