

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



NIVELES SÉRICOS DE AMINOTRANSAMINASAS EN CUYES (*Cavia porcellus*)
ALIMENTADOS CON PISONAY (*Erythrina sp*) EN TAMBURCO-APURÍMAC

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

YONY RAMIREZ BORDA

ABANCAY – PERÚ

2017



**NIVELES SÉRICOS DE AMINOTRANSAMINASAS EN
CUYES (*Cavia porcellus*) ALIMENTADOS CON PISONAY
(*Erythrina sp*) EN TAMBURCO-APURÍMAC**





Acta de sustentación de Informe Final de Tesis

En el local de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAMBA ubicado en Patibamba Baja a las dieciséis horas del día jueves diez de agosto de dos mil diecisiete, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador por:

- Dr. Milton César Gómez Urviale (Presidente)
- MSc. Víctor Alberto Ramos de la Riva (Primer Miembro)
- MSc. Delmer Zea Gonzales (Segundo Miembro)

para evaluar el informe final de tesis, sustentado por la bachiller **YONY RAMIREZ BORDA**, titulado «Niveles séricos de amino transaminasas en cuyes (Cavia porcellus) alimentados con pitomay (Erythrina sp) en Tamburco - Apurímac», enmarcado en lo dispuesto por la Resolución Decanal N° 158-2017-DFMVZ-UNAMBA de fecha tres de agosto de dos mil diecisiete, de conformidad con el Art. 55 del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNAMBA aprobado con la Resolución N° 215-2007-CO-UNAMBA, el Jurado Evaluador, después de dos vueltas de preguntas realizadas al sustentante, dictamina **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo de **MUY BUENO**.

En señal de conformidad de lo actuado firman los miembros del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis y hacen constar la presencia del asesor MSc. Ludwing Ángel Cárdenas Vittarvera.


 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
 Dr. Milton César Gómez Urviale
 DOCENTE


 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
 FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 MSc. Víctor Alberto Ramos de la Riva
 DOCENTE


 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
 FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 MSc. Delmer Zea Gonzales
 DOCENTE


 NOTARIA PÚBLICA
 JORDÁN GAMARRA
 Abarcay - Apurímac
 RUC 20170111201
 05 ENE. 2018
 CERTIFICO Que esta copia es idéntica a su original el cual he tenido a la vista. Doy fe


 ABOGADA NOTARIA
 Reg. C.N.A. N° 019
 Tamburco - Abarcay



DEDICATORIA

A mis padres por darme la vida que hoy disfruto y por su apoyo incondicional para salir adelante. A mis amigas y compañeras con las que caminamos de la mano alcanzando nuestros objetivos y metas que hoy podemos disfrutar.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por ser mi Alma mater.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, a toda la plana docente por sus enseñanzas académicas impartidas durante mi formación profesional

Al M.Sc. MVZ. Ludwing Ángel Cárdenas Villanueva por su apoyo constante en la realización del presente trabajo.

A los miembros del jurado por las correcciones y sugerencias dadas para la mejora del presente trabajo de investigación.

A mi querida familia por todo su aliento y apoyo brindado en todo momento de forma desinteresada.

A mis amigas (os) por brindarme su amistad sincera e incondicional.

A todas las personas quienes aportaron con un granito de arena para dar este paso tan importante en mi vida.

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

DR. LEONARDO ADOLFO PRADO CARDENAS
RECTOR

DR. ROLANDO RAMOS OBREGON
VICERRECTOR ACADÉMICO

DR. IRIS EUFEMIA PAREDES GONZALES
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN



CONFORMIDAD DE TESIS

El que suscribe M.Sc. Ludwing Angel Cardenas Villanueva, Docente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, **ASESOR** del Proyecto de Investigación Científica y Tesis Universitaria (Informe Final) denominado “**NIVELES SERICOS DE AMINOTRANSAMINASAS EN CUYES (*Cania Porcellius*) ALIMENTADOS CON PISONAY (*Erythrina sp*) EN TAMBURCO – APURIMAC**” presentado por la **Bachiller YONY RAMIREZ BORDA**. Tesis para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. El estudio ha sido desarrollado dentro de los requerimientos de la metodología de investigación científica (forma y fondo), así mismo; se acoge con las exigencias del contenido estructural y de procedimientos estipulados en el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y Plan Curricular de la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Por lo anteriormente sustentado y en mi condición de asesor, ante las autoridades y Jurado de Evaluación, Sustentación y Defensa de Tesis, doy la **CONFORMIDAD pertinente** para los procedimientos académicos y administrativos que amerita optar el Título Profesional.

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

M.V.Z. Ludwing A. Cardenas Villanueva
DOCENTE



JURADOS



Dr. Nilton César Gómez Urviola
Presidente



M.Sc. Víctor Alberto Ramos de la Riva
Primer miembro



M.Sc. Delmer Zea Gonzales
Segundo miembro

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes de la investigación	4
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 Características de la planta de pisonay (<i>Erythrina sp</i>)	9
2.2.2 Valor nutricional del pisonay (<i>Erythrina sp</i>)	11
2.2.3 Generalidades del cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	13
2.2.3.1 Fisiología digestiva del cuy	14
2.2.3.2 Hígado del cuy	16
2.2.3.3 Consumo de alimento	16
2.2.3.4 Consumo de agua	17
2.2.3.5 Necesidades nutritivas de cuyes	17
2.2.4 Factores antinutricionales	19
2.2.4.1 Taninos	20
2.2.4.2 Alcaloides	24
2.2.5 Las transaminasas	27
2.2.5.1 Transaminasas glutámico oxaloacético (AST o GOT)	29
2.2.5.2 Transaminasa glutámico pirúvica (ALT o GPT)	30

III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 Tipo y nivel de investigación	33
3.2 Población y muestra	33
3.2.1 Ubicación del medio y unidades experimentales	33
3.2.2 Alimentación	33
3.2.3 Animales	34
3.3 Método y diseño de investigación	35
3.3.1 Determinación de factores antinutricionales	35
3.3.1.1 Determinación de taninos	35
3.3.1.2 Determinación de alcaloides	36
3.3.2 Determinación de transaminasas	37
3.3.3 Examen macroscópico del hígado	39
3.3.4 Procesamiento y análisis de datos	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
4.1 Concentración de taninos y alcaloides totales	41
4.2 Concentración de aminotransaminasas	43
4.3 Lesiones anatomopatológicas en el hígado	43
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.1 Conclusiones	50
5.2 Recomendaciones	50
VI. BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Nivel de taninos y alcaloides totales (g/kg de MS) en árboles forrajeros	5
Tabla 2. Química sanguínea, rango de niveles enzimáticos de la aspartato aminotransferasa (AST o GOT) y alanino aminotransferasa (ALT o GPT)	7
Tabla 3. Composición química del pisonay (<i>Erythrina sp</i>) en el valle interandino de Abancay	12
Tabla 4. Requerimiento nutritivo de cuyes	18
Tabla 5. Concentración de taninos (g/kg de MS) en especies forrajeras	21
Tabla 6. Nivel de taninos y alcaloides totales (g/kg de MS) en alfalfa y pisonay	41
Tabla 7. Concentración de aspartato aminotransferasa (AST o GOT) y alanino aminotransferasa (ALT o GPT) en suero sanguíneo de cuyes	44
Tabla 8. Lesiones patológicas (%) en el hígado de cuyes	47
Tabla 9. Niveles séricos de aminotransaminasas (UI/L) en cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay	61
Tabla 10. Peso beneficio (g), peso hígado (g) y relación peso hígado/peso beneficio (%) en cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay	64

Tabla 11. Lesiones patológicas (%) en hígado de cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay 65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Preparación de suero sanguíneo de cuyes para la reacción de aspartato aminotransferasa (AST o GOT) y alanino aminotransferasa (ALT o GPT)	66
Figura 2. Lectura de la absorbancia de las muestras en el espectrofotómetro	67
Figura 3. Necropsia de cuyes	68
Figura 4. Examen de los órganos, con énfasis en el hígado	69
Figura 5. Hígado (cara diafragmática y visceral) aparentemente normal de cuy alimentado con alfalfa	70
Figura 6. Hígado de cuyes alimentados con alfalfa más pisonay	70
Figura 7. Hígado de cuyes alimentados con pisonay	70

RESUMEN

Se realizó un estudio en el sector de Mosoccpampa, distrito de Tamburco provincia de Abancay. Se utilizó hojas y peciolo del pisonay con 4 meses de rebrote en estado verde y alfalfa fresca con 28 días de rebrote. El objetivo fue determinar la concentración de taninos y alcaloides totales, los niveles séricos de las aminotransaminasas y las lesiones anatomopatológicas en el hígado del cuy. Se utilizaron 30 cuyes machos mejorados, distribuidos en tres tratamientos cada uno con 10 animales, con los siguientes porcentajes de alimentación: T1: 100% alfalfa; T2: 50% alfalfa más 50% pisonay y T3: 100% pisonay; los que se suministraron dos veces al día. La concentración de taninos totales en el pisonay (14.0 ± 1.8 g/kg de MS) fue superior a los hallados en alfalfa (2.2 ± 0.2 g/kg de MS) y en la alfalfa no se detectó alcaloides totales. Los niveles séricos de aspartato aminotransaminasas (AST o GOT) en cuyes alimentados con alfalfa más pisonay (71.9 ± 15.2 UI/L) y pisonay (76.4 ± 11.8 UI/L) fueron superiores a los animales alimentados con alfalfa ($P \leq 0.05$) y la alanino aminotransaminasas (ALT o GPT) en cuyes alimentados con alfalfa (39.1 ± 7.2 UI/L), alfalfa más pisonay (48.8 ± 7.1 UI/L) y pisonay (62.0 ± 8.4 UI/L) mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). El incremento de 50 a 100% de pisonay en la dieta de cuyes, produce lesiones anatomopatológicas en el hígado como degeneración grasa, dilatación vesicular, focos necróticos y congestión, además de provocar menor peso de hígado.

Palabras clave: Taninos, alcaloides, aspartato aminotransaminasas, alanino aminotransaminasas

ABSTRACT

The study was carried out in the sector Mosoccpampa, Tamburco district, Abancay province. Were used leaves and petioles of the pisonay with 4 months of resprouting in green state and fresh alfalfa with 28 days of resprouting. The objective was to determine the concentration of total tannins and alkaloids, serum levels of aminotransaminases and anatomopathological lesions in the guinea pigs liver. We used 30 better guinea pigs, distributed in three treatments each one with 10 animals, with the following feeding percentages: T1 (100% alfalfa); T2 (50% alfalfa + 50% pisonay) and T3 (100% pisonay) that were supplied twice by day. Total concentration of tannin in pisonay (14.0 ± 1.8 g/kg DM) was higher than those found in alfalfa (2.2 ± 0.2 g/kg DM). In the alfalfa was not detected total alkaloid. Serum levels of aspartate aminotransaminases (AST or GOT) in guinea pigs fed with alfalfa + pisonay (71.9 ± 15.2 IU/L) and pisonay (76.4 ± 11.8 IU/L) were higher than those fed with alfalfa ($P \leq 0.05$) and alanine aminotransaminases (ALT or GPT) in guinea pigs fed with alfalfa (39.1 ± 7.2 IU/L), alfalfa + pisonay (48.8 ± 7.1 IU/L) and pisonay (62.0 ± 8.4 IU/L) showed significant differences ($P \leq 0.05$). Increase of 50 to 100% of pisonay in the diet of guinea pigs produces pathological lesions in the liver such as fat degeneration, vesicular dilatation, necrotic foci and congestion, causes a lower weight of the liver.

Key words: Tannin, alkaloids, aspartate aminotransaminases, alanine aminotransaminases

I. INTRODUCCIÓN

La población de cuyes en el Perú es de 12 695 030 animales, la región Apurímac se estima en 7.97% de la población nacional que equivale a 1 012 181. A nivel nacional el consumo per cápita estimado de cuy por año es de 0.35 kg (CENAGRO, 2012). La crianza de este tipo de animales está muy difundida por su fácil manejo, la calidad de su carne y su distribución en los grupos de poblaciones más vulnerables.

Las plantas contienen una gama de compuestos secundarios que les han permitido defenderse de la herbivoría. Uno de los compuestos secundarios importantes son los taninos. Cuando los animales consumen grandes cantidades de estos compuestos se presentan efectos negativos en la salud y producción de los animales. Sin embargo, los taninos consumidos en cantidades bajas pueden tener efectos positivos sobre la producción animal (Torres *et al.*, 2008). Cada fitotoxina puede, por sí sola, producir más de un tipo de síntomas en los animales. Ciertos tipos de toxinas actúan específicamente sobre un determinado órgano o un sistema del organismo; se clasifican en hepatotóxicas (de acción en el hígado), nefrotóxicas (de acción en los riñones y aparato urinario), cardiotoxicas (de acción en el sistema circulatorio), neurotóxicas (de acción en el sistema nervioso), teratogénicas (causan malformaciones congénitas en la descendencia) e inductoras de patologías reproductivas (Oliveira *et al.*, 2001).

En el hígado se producen múltiples reacciones de transaminación, pero las únicas transaminasas con valor clínico son dos: 1) aspartato aminotransferasa o transaminasa glutámico oxalacética (AST o GOT) cuya vida media es de 48 horas, y 2) alanino aminotransferasa o transaminasa glutámico pirúvica (ALT o GPT) con una vida media de 18 horas. La ALT es más específica de daño hepático que la AST, debido a que la primera se localiza casi exclusivamente en el citosol del hepatocito, mientras que la AST, además del citosol y mitocondria, se encuentra en el corazón, músculo esquelético, riñones, cerebro, páncreas, pulmón, eritrocitos y leucocitos. La elevación sérica de transaminasas se correlaciona con el vertido a la sangre del contenido enzimático de los hepatocitos afectados, aunque la gradación de la elevación enzimática puede no relacionarse con la gravedad lesional, se puede considerar una enfermedad hepática, por el aumento de la actividad de la ALT y frecuente aumento de la actividad de la AST (García y Zurita, 2010).

El 16% de los productores aprovechan el pisonay (*Erythrina sp*) para la dieta de los cuyes básicamente en épocas de secano donde el forraje verde escasea (Quispe *et al.*, 2007). La inclusión del 20% de hojas y peciolas de pisonay a una edad de corte de 120 días en la alimentación de cuyes del destete a la saca fue positivo en la ganancia de peso vivo e índice de conversión alimenticia (Sánchez, 2015). El pisonay es un recurso renovable que crece en forma natural y es utilizado como forraje a un bajo costo, por lo tanto, se determinó los factores antinutricionales conocidos como taninos y alcaloides

totales, la influencia del consumo de pisonay en el perfil bioquímico de los cuyes respecto a las aminotransaminasas y lesiones anatomopatológicas en el hígado.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Se desarrolló un estudio en el polígono de producción animal de la Universidad de Granma, ubicado al sureste de Cuba, en la provincia de Granma, a 17.5 km de la ciudad de Bayamo. Se utilizó una pradera de *Neonotonia wightii*, con dos años de establecimiento y 98 % de pureza. Mediante un diseño de bloques al azar, con seis réplicas, se evaluó el efecto de la edad de rebrote (30, 45, 60, 75 y 90 días) en el contenido de metabolitos secundarios de *N. wightii*. El experimento se enmarcó en los trimestres enero-febrero-marzo (período poco lluvioso) y mayo-junio-julio (período lluvioso), en un suelo pardo con carbonato, sin riego ni fertilización. Los taninos totales y alcaloides aumentaron ($P \leq 0.05$) con la edad y los mayores valores se obtuvieron a los 90 días, en mayo-junio-julio fue 5.24 y 0.30 g/kg MS y en enero-febrero-marzo 3.12 y 0.30 g/kg MS respectivamente (Verdecia *et al.*, 2014).

Se determinó el contenido de los principales factores antinutricionales de 13 malezas usadas en la alimentación animal en zonas rurales del estado de Querétaro. Se usaron las partes aéreas de un espécimen de cada planta madura que fueron colectadas en el mes de agosto de 2005. El contenido de taninos fue entre 0.08 y 5.1 g equivalentes de ácido tánico/100 g de planta seca. De acuerdo con los resultados obtenidos, la planta *Desmodium molliculum* (5.168 ± 0.10 g) por poseer altos

contenidos de taninos, puede ser menos aceptada que las otras especies, así como afectar adversamente la salud de los animales que las ingieren (Gutiérrez *et al.*, 2010).

Tabla 1. Nivel de taninos y alcaloides totales (g/kg de MS) en árboles forrajeros.

<i>Especie</i>	Taninos totales	Alcaloides totales	Autor
<i>Albizia lebbbeck</i>	2.4	2.7	
<i>Albizia caribaea</i>	14.3	2.0	
<i>Cassia fistula</i>	12.7	1.3	
<i>Cassia grandis</i>	18.9	1.7	
<i>Pithecellobium dulce</i>	12.0	0.2	García y Medina (2006)
<i>Pithecellobium saman</i>	6.8	0.8	
<i>Gliricidia sepium</i>	1.8	0.2	
<i>Leucaena macrophylla</i>	15.7	1.4	
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	26.1	0.2	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	11.1	0.3	
<i>Moringa oleifera</i>	6.5	0.3	
<i>Moringa alba</i>	n. d.	0.3	García <i>et al.</i> (2008)
<i>Schizolobium excelsum</i>	24.3	0.4	
<i>Trichantera gigantea</i>	0.4	0.3	

El uso de especias (condimentos), ya sean exóticas o indígenas, se ha basado en su capacidad para mejorar el sabor sin tener debidamente en cuenta o reconocido su posible aporte nutricional. Las especias también se consideran generalmente seguras basadas en el uso prolongado sin peligro manifiesto para la salud. Toxicológicamente, el uso prolongado sin ninguna manifestación tóxica no es prueba suficiente de seguridad. Se investigó el posible efecto bioquímico del jengibre (*Zingiber officinale*), pimienta de guinea (*Piper guineense*) y del ajo (*Allium sativum*) individualmente y en forma mixta. Las especias se secaron al sol hasta un peso constante y fueron trituradas (1 mm) y se usaron para formular el alimento. Se utilizaron cuarenta cuyes, con un peso corporal medio 1.20 kg, en cinco grupos con ocho animales designados como A (alimento normal), B (10 g de jengibre), C (10 g de pimienta), D (10 g de ajo) y E (10 g de cada uno). Se les permitió aclimatarse durante una semana en pienso normal antes de introducir la dieta experimental. La alimentación se realizó dos veces al día, mientras que el agua se proporcionó *ad libitum* a todos los animales. Dieciocho horas después de la última alimentación, una vez cada dos semanas, dos animales de cada grupo fueron sacrificados. La sangre fue recogida mediante punción cardiaca en un tubo de ensayo y se dejó reposar durante 30 min de tiempo de coagulación a temperatura ambiente antes de centrifugar a 600 rpm durante 30 min. El sobrenadante se recogió y se usó para análisis. La concentración de GOT y GPT para cada una de las dietas fue 11.5 y 11.5; 20.5 y 16.5; 22.5 y 15.5; 14.5 y 15.5; 19.5 y 15.5 UI/L respectivamente, se observa que la actividad de las enzimas hepáticas (GOT y GPT)

fueron elevadas aunque no lo suficientemente altas ($P \geq 0.05$) para sugerir toxicidad hepática (Nwachukwu y Iweala, 2011).

Tabla 2. Química sanguínea, rango de niveles enzimáticos de la aspartato aminotransferasa (AST o GOT) y alanino aminotransferasa (ALT o GPT).

Especie	AST (UI/L)	ALT (UI/L)
Cuy	45–68	25–40
Conejo	1.5–30	1–50
Rata	76–197	28–60

Gross (2009).

En el Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano, se determinó la actividad de las transaminasas (GOT y GPT) en suero sanguíneo de cuyes. Para ello se formaron dos grupos: T1= aparentemente sanos y T2= enfermos; cada uno conformado por 5 cuyes adultos y 5 de recría. La actividad enzimática (AE) se determinó utilizando técnicas colorimétricas-espectrofotométricas. Los resultados de AE para GOT según el estado clínico fueron de 75.50 ± 3.74 UI/L y 114 ± 20.04 UI/L en cuyes aparentemente sanos y enfermos, respectivamente ($P \leq 0.01$); y según edad de 99 ± 18.15 UI/L y 90.50 ± 12.83 UI/L en cuyes de recría y adultos, respectivamente ($P \geq 0.05$). Para GPT; según el estado clínico fue de 13.67 ± 0.89 UI/L y 23.34 ± 1.94 UI/L en cuyes aparentemente sanos y enfermos, respectivamente ($P \leq 0.01$); y para la variable edad

de 19.34 ± 2.47 UI/L y 17.67 ± 1.86 UI/L en cuyes de recría y adultos, respectivamente ($P \geq 0.05$). La condición clínica del animal ejerce influencia sobre la actividad de las enzimas estudiadas en suero sanguíneo del cuy, mientras que la edad sólo muestra diferencias aritméticas (Ticona, 2011).

El chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*), es considerada actualmente una especie promisoría para la explotación zootécnica, es el roedor más grande del mundo, adulto mide 1.5 metros de longitud y pesa entre 40 y 70 kg. El trabajo se realizó en el Municipio de Villaviciencio, ubicado una altitud de 420 m, temperatura promedio de 28 °C, precipitación anual de 4050 mm, humedad relativa del 75%. Se utilizó animales subadultos ($n=9$) y animales adultos ($n=16$). La alimentación consistía en forrajes como Kinggrass y Cayeno; concentrado (conequina), maíz; yuca, zanahoria, plátano, lechuga, acelga, arracacha y diversas frutas de cosecha. Este estudio está dirigido a determinar valores de referencia como el perfil enzimático (GOT y GPT), en los chigüiros sometidos a cautiverio. Los valores de GOT en animales subadultos y adultos fue 123.38 ± 37.82 UI/L y 68.31 ± 21.12 UI/L ($P \leq 0.05$) y para GPT 97.033 ± 33.97 UI/L y 69.394 ± 17.04 UI/L ($P \geq 0.05$) respectivamente (Corredor y Rodríguez, 2010).

En la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja, del cantón y provincia de Loja, se utilizaron 32 cobayos homogéneos en edad, los mismos que fueron repartidos en 8 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo

conformada por cuatro cuyes divididos en dos tratamientos con cuatro repeticiones; uno de los objetivos fue determinar las lesiones anatomopatológicas. Diariamente se pesaron 60 g de alcaravea (*Carum carvi*) y botoncillo (*Spilantehes oleraceae*) mezclándolos con el forraje que el animal consumía y se suministraba diariamente a los cuyes por un lapso 21 días, tiempo que duró cada repetición. Las principales alteraciones anatomopatológicas con respecto al hígado por efecto tóxico de alcaravea se observó degeneración, inconsistencia, necrosis, hemorragias; bilis con grumos, sedimentos y coágulos. Las alteraciones por efecto tóxico de botoncillo fueron a nivel del hígado necrosis, degeneración, inconsistencia, hemorragias, ictericia; bilis hemorrágica, presencia de sedimentos, degeneración de estructura y color, adherencia al hígado (Avendaño, 2011).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Características de la planta de pisonay (*Erythrina sp*)

La familia Leguminosae contiene más de 200 géneros y 17 000 especies de árboles, arbustos y plantas (Werner, 1992). El pisonay pertenece al género *Erythrina* (del griego erythros: rojo por el color de sus flores) y a la sub familia *Papilionoideae*. Es un árbol propio de los valles interandinos del norte de sudamérica, en el Perú se le dice: basul, pajuto, antiporo, pashuro, pashigua, poroto, anteporoto y pisonay, crece en alturas de 1 500 a 3 000 msnm, es un árbol

que prefiere zonas húmedas, con lluvias anuales superiores a 1 400 mm. Tiene una altura promedio de 8 m (hasta 14 m) y un diámetro de tronco de 24 cm hasta 47 cm. Posee espinas en las ramas y ramitas terminales y en árboles jóvenes las hay también en el tronco. Las hojas están compuestas de tres partes o láminas; tienen espinas en los peciolo y nerviaciones, son de color verde claro y se caen del árbol cuando se inicia la floración. Se utiliza como fuente de proteína, está destinado a producir forrajes (hojas y ramas) para alimentación de vacas, cabras, caballos, cerdos, pollos, gallinas y conejos. A los 18 meses de siembra, se inicia el proceso de podas para producción de forraje; esta poda se debe realizar cada 4 meses (3 podas al año). Las hojas se pueden secar y moler para obtener una harina rica en carotenos que le da un mejor color a la piel y huevos de las aves que la consumen (Acero, 2002).

El uso de árboles y arbustos, especialmente leguminosas, puede hacer más productivos los pastizales y potreros, porque tienen la capacidad de fijar nitrógeno que establecen asociación con bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Synorhizobium*, *Azorhizobium* y *Mesorhizobium*, como la *Erythrina fusca*, *Erythrina glauca*, *Erythrina indica* y *Erythrina variegata* (Ferrari y Wall, 2004). La especie arbórea *Erythrina falcata*, *Erythrina spp.*, pueden tener excelentes resultados si son usadas como especies forrajeras de las cuales se utiliza el follaje como complemento proteico para el ganado, además de proporcionar

bienestar animal, conservar el ambiente y obtener productos pecuarios saludables de estas (Izaguirre y Martínez, 2008).

Las especies arbustivas investigadas en Colombia, consideradas como potenciales por su alto valor nutritivo o servicios multipropósito dentro de los sistemas silvopastoriles, se encuentran el poró (*Erythrina poeppigiana*), el chachafruto (*Erythrina edulis*), el pizamo (*Erythrina fusca*) (Mahecha, 2002).

Estudios realizados durante cuatro años en el trópico húmedo muestran que un banco de *Erythrina berteroana* produce cerca de 6 ton/ha/año de proteína cruda, lo cual alcanzaría para aportar, durante un año, el 30% de los requerimientos de proteína de 46 vacas de 400 kg de peso, y con una producción de 8 kg leche/vaca/día (CATIE, 1991 citado por Izaguirre y Martínez, 2008).

2.2.2 Valor nutricional del pisonay (*Erythrina sp*)

El valor nutricional de muchas de las especies leguminosas presentes en los potreros se debe a sus altos contenidos de proteína, superiores a los pastos e incluso a la mayoría de los concentrados comerciales. Así mismo, en la *E. berteroana* y *E. poeppigiana* se han encontrado 22.9% y 24.3%; y 24.0% y 23.8% de MS y PC, respectivamente (Benavides, 1998).

Tabla 3. Composición química del pisonay (*Erythrina sp*) en el valle interandino de Abancay.

Variable	Días de rebrote	
	120	Floración
Materia seca	24.8	31.74
Proteína	23.2	23.58
Fibra		27.09
Grasa	0.4	2.53
Ceniza	8.6	11.63
ELN		35.44
FDN	57.7	
CNF	10.0	
FDA	35.9	
Celulosa	24.5	
Hemicelulosa	21.8	
Lignina	11.4	

Cárdenas (2011); Cárdenas *et al.* (2013); Ramos (2009).
 ELN: Extracto libre de nitrógeno. FDN: Fibra detergente neutro. FDA: Fibra detergente ácido. CNF: Carbohidratos no fibrosos.

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

respectivamente (Jiménez *et al.*, 2008). El contenido de PC de la *E. poeppigiana* y *E. tinifolia* en zonas húmedas fue 12.9 y 15.7% (Ku *et al.*, 1998).

2.2.3 Generalidades del cuy (*Cavia porcellus*)

La crianza de cuyes se practica en todo el territorio, su carne es tradicionalmente consumida por su calidad y exquisitez y comparada con otras especies resulta ser más proteica (20.3%), por eso se sitúa a esta especie como un animal de importancia en el Perú (Quispe, 2002). El cuy, especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana; su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración. Realiza cecotrofia para reutilizar el nitrógeno, lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína (Revollo, 2003).

Las bacterias existentes en el ciego permiten un buen aprovechamiento de la fibra. La producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y vitaminas del complejo B la realizan microorganismos, en su mayoría bacterias gram-positivas, que pueden contribuir a cubrir sus requerimientos nutricionales por la reutilización del nitrógeno través de la cecotrofia, que consiste en la ingestión de las cagarrutas (Caballero, 1992 citado por Revollo, 2003).

Otro aspecto de relevancia del cuy como especie, radica en las complejas interacciones económicas productivas e interacciones con otros componentes cuando se integran a sistemas de producción diversificados bajo la administración y manejo de las familias, donde cumplen al menos tres importantes funciones: como fuente de alimento (proporcionando proteína para la alimentación familiar), reciclaje de materiales orgánicos (aprovecha residuos de cosechas y produce abono), y la mejora de ingresos económicos (como forma de ahorro) (Gil, 2004 citado por Mamani, 2006).

La línea Perú, seleccionada por el mayor peso a la edad de comercialización se caracteriza por ser precoz, obtiene pesos de 800 g a los 2 meses de edad y conversiones alimenticias de 3.8 al ser alimentada en buenas condiciones con concentrados balanceados. Su prolificidad promedio es de 2.3 crías nacidas vivas. El color de su capa es preferentemente blanco con rojo, siendo su pelo liso y pegado al cuerpo, sin remolinos (Chauca, 1997).

2.2.3.1 Fisiología digestiva del cuy

El cuy, especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional (sumamente desarrollado), donde se realiza la fermentación bacteriana; su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración. La fauna bacteriana existente en el ciego permite un

buen aprovechamiento de la fibra (9-18%). La producción de ácidos grasos volátiles (AGV), síntesis de proteína microbial y vitaminas del complejo B la realizan microorganismos (bacterias gram positivas), que pueden contribuir a cubrir sus requerimientos nutricionales por la reutilización del N a través de la cecotrófia, que consiste en la ingestión de las cagarrutas, vale decir que las heces del cuy al final de la primera digestión, contienen residuos alimenticios, microorganismos y azufre que consumidos nuevamente son incorporados al sistema digestivo, lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína (Revollo, 2003). El estómago del cuy, no es muy voluminoso. Las sustancias que han sufrido una digestión completa son absorbidas por las vellosidades intestinales. Las sustancias que han resistido la acción de los jugos digestivos, atraviesan la válvula ileocecal ingresando en el intestino grueso.

La ingesta no demora más de dos horas en atravesar el estómago e intestino delgado, en el ciego es donde demora 48 horas. La absorción de AGV de cadenas cortas se realiza en el ciego e intestino grueso. La celulosa retarda los movimientos del contenido intestinal lo que permite una mejor absorción de nutrientes (Revollo, 2003). La capacidad fermentativa en el ciego es 46%, el colon y recto 20% del total del tracto digestivo.

2.2.3.2 Hígado del cuy

Este es el órgano post-diafragmático más craneal. Moldeado por el diafragma y desbordante en el cuadrante circular, la mayor parte se ubica de la región subcostal derecha. Su eje principal es dirigido desde arriba hacia abajo, de atrás hacia delante y de derecha a izquierda. Es un órgano asimétrico por hipertrofia de los lóbulos situados a la izquierda. Es grande, aplanado de adelante hacia atrás, color uniforme rojo-marrón, pero con una gran variabilidad interindividual. Tiene una superficie convexa por el diafragma, una cara visceral cóncava en relación con el estómago y las asas intestinales, y cuatro bordes: inferior, lateral izquierda y superior y derecha lateral. El hígado tiene una anchura de 8.5 cm y una altura de 6 cm y un espesor de 0.5 cm, un peso aproximadamente de 30 g para un adulto. La vesícula biliar es grande, del tamaño de un guisante. Se adhiere al parénquima hepático en el medio de la superficie posterior del hígado (Fuss, 2002).

2.2.3.3 Consumo de alimento

Un animal en crecimiento consume de 80 a 100 g de forraje a la cuarta semana de edad y llega a consumir 160 a 200 g/animal/día a partir de la octava semana de edad, y aumenta cuando se trata de reproductores (Aliaga, 1979 citado por Mamani, 1997). El consumo diario de alimento muestra grandes variaciones en función a la naturaleza del forraje, sistemas de crianza y suministro de alimentos.

En el caso particular de forrajes verdes se muestran valores que oscilan desde 145 a 267 g de alfalfa verde (Mamani, 1997 citado por Mamani, 2006).

2.2.3.4 Consumo de agua

El agua es elemento indispensable para un normal crecimiento y desarrollo. El cuy necesita 120 mL de agua por cada 40 g de materia seca (MS) de alimento consumido (consumo normal diario). La dotación de agua debe efectuarse en la mañana o al final de la tarde, o entre la dotación de forraje, debe ser fresca y libre de contaminación (Rico y Rivas, 2001).

2.2.3.5 Necesidades nutritivas de cuyes

El valor nutritivo de los alimentos está en función de su composición química, mientras que su metabolización depende de la digestibilidad del animal y del consumo voluntario. La composición química de las leguminosas (alfalfa, trébol, vicia y habas) incluye cantidades favorables de proteínas con relación a las gramíneas (maíz, avena y cebada), las cuales se caracterizan más bien por su buen contenido de energía (Chauca, 1997).

Al igual que en otros animales, los nutrientes requeridos por el cuy son: agua, proteína (aminoácidos), fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y

vitaminas. Los requerimientos dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolle la crianza.

Tabla 4. Requerimiento nutritivo de cuyes.

Nutrientes	Unidad	Etapa		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	%	18	18-22	13-17
ED	kcal/kg	2800	3000	2800
Fibra	%	8-17	8-17	10
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	200	200

Chauca (1997).

La nutrición juega un rol muy importante en toda explotación pecuaria, el adecuado suministro de nutrientes conlleva a una mejor producción. El conocimiento de los requerimientos nutritivos de los cuyes nos permitirá poder elaborar raciones balanceadas que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción. Aún no han sido determinados los

requerimientos nutritivos de los cuyes productores de carne en sus diferentes estadios fisiológicos (Correa, 1994).

Al mejorar el nivel nutricional de los cuyes se puede intensificar su crianza con el fin de aprovechar su precocidad, prolificidad, así como su habilidad reproductiva. Los cuyes como productores de carne precisan del suministro de una alimentación completa y bien equilibrada que no se logra si se suministra únicamente forraje, a pesar que el cuy tiene una gran capacidad de consumo. Solamente con una leguminosa como la alfalfa proporcionada en cantidades *ad libitum* podría conseguirse buenos crecimientos así como resultados óptimos en hembras en producción (Moreno, 1989).

2.2.4 Factores antinutricionales

Los factores antinutricionales de las plantas, pueden ser definidos como metabolitos secundarios que interfieren con la utilización del alimento, afectan la salud y la producción animal, entre ellos tenemos: los que impiden la utilización de la proteína y deprimen la digestión como los inhibidores de proteasas, taninos (fenoles), las saponinas, lecitinas; los captadores de iones metálicos como los oxalatos, fitatos, gossipol, glucocinolatos; antivitaminas; y otros como los cianogénico, nitratos y alcaloides (Romero, 2000). Las leguminosas arbustivas no suelen ser adecuadas como alimento de animales monogástricos por su alto

contenido de compuestos antinutritivos (que los rumiantes tienen gran ventaja en digerir), su alto contenido de fibra y su bajo contenido energético (Shelton, 2000).

Las leguminosas tropicales, entre ellas el género *Erythrina*, contienen elementos antinutricionales que limitan su consumo cuando son ofrecidos tiernos como único alimento o que representen un alto porcentaje de la dieta, los compuestos fenólicos se consideran benéficos al evitar una alta degradación de proteína en el rumen, sin embargo, en algunos casos los taninos pueden ocasionar problemas de toxicidad en todo tipo de ganado incluyendo rumiantes (Román *et al.*, 2006).

2.2.4.1 Taninos

Los taninos son compuestos muy astringentes y de gusto amargo que producen las plantas, químicamente son metabolitos secundarios de las plantas, fenólicos, no nitrogenados y solubles en agua (Azcón y Talón, 2008).

Los taninos están compuestos por un número diverso de oligómeros y polímeros. Pueden ser hidrolizables (solubles y potencialmente tóxicos) o condensados (insolubles y no tóxicos) y precipitan proteínas. Están en hojas, semillas, corteza de árboles, frutos, pedúnculos, raíces, rebrotes y tallos. La dosis tóxica en rumiantes es cuando tienen más del 20% de taninos hidrolizables y causan elevada mortalidad; en monogástricos, la ingestión voluntaria puede reducirse hasta 70%;

en aves de 0.5 a 2% de taninos en la dieta causan disminución del crecimiento y postura, en niveles de 3 a 7% son letales; en porcino 5% en la dieta son letales. Todos los animales pueden ser afectados (principalmente monogástricos). La sintomatología es muy variada como gastroenteritis, insuficiencia renal, lesiones hepáticas, muerte, deformaciones en los vitelos, atonía ruminal, anorexia, estreñimiento, melena, letargia, ictericia, hematuria, deshidratación, disminución de la ingesta, disminución de la digestibilidad; gastroenteritis hemorrágica, necrosis hepática y lesiones renales (necrosis de los tubos proximales) en los rumiantes; disminución del crecimiento, disminución en la utilización de la proteica y alteraciones en la mucosa del tracto digestivo en los monogástricos (Oliveira *et al.*, 2001).

Tabla 5. Concentración de taninos (g/kg de MS) en especies forrajeras.

Especies	Concentración de taninos totales
Lotus grande (<i>Lotus pedunculatus</i>)	10.0-15.4
Sulla (<i>Hedysarium coronarium</i>)	7.65
Trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i>)	4.0-9.4
Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	<0.4
Trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>)	0.34
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	0.125

Barry y McNabb (1999) citado por Arévalo (2008).

Según el grupo biosintético al que pertenecen, los taninos se dividen en: a) taninos condensados (TC) o proantocianidinas, los cuales son polímeros flavonoides que pueden ser oxidativamente degradados en ácido a antocianidinas; b) taninos hidrolizables (TH), que son derivados de los ácidos gálico y elágico; c) florotaninos, los cuales se encuentran especialmente en las algas pardas (Márquez y Suárez, 2008).

La concentración ideal de taninos está entre 2-4% de la materia seca; niveles entre 5-9% reducen la digestibilidad de la fibra en el rumen, porque inhibe la actividad de las bacterias y hongos; cuando supera de 9% es letal; si el contenido de taninos es alto en la leguminosa disminuye el consumo del forraje suplementario (Lascano, 1996 citado por Araujo, 2008).

Los taninos hidrolizables son más tóxicos que los condensados, ya que algunos productos de su degradación provocan hepatotoxicidad y nefrotoxicidad, y pueden ser absorbidos a través de las paredes del intestino luego de su hidrólisis (Pedraza *et al.*, 2005).

Propiedades fisicoquímicas

Los taninos son compuestos, solubles en agua y con un peso molecular entre 500 y 3000 g, tienen la propiedad de precipitar alcaloides, gelatinas y proteínas; formar

complejos con los carbohidratos y proteínas y pueden distinguirse de otros compuestos polifenólicos que no precipitan proteínas (Araujo, 2008).

Reconocimiento de los taninos

Los fenoles reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu (tungstofosfato y molibdofosfato) a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de una determinación espectrofotométrica a 700 nm. Para la cuantificación de los taninos, se utiliza una solución de gelatina para garantizar el secuestro de los taninos. El porcentaje de taninos se determina por la diferencia de los valores de la cuantificación de los fenoles, a las soluciones antes y después de la reacción con la gelatina, cuya absorbancia es referida al ácido tánico y leídas a 700 nm (Velásquez, 2004).

Los taninos se determinan como polifenoles usando el método volumétrico de Lowenthal, se usa una curva de calibración con ácido tánico como patrón de referencia, se utiliza permanganato de Potasio (KMnO_4) con una concentración de 0,1 mol/L como solución titulante y al Indigo de Carmin ($\text{C}_{16}\text{H}_8\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$) como indicador, se determina el volumen (mL) de permanganato de potasio requeridos para oxidar los fenoles presentes en la muestra (Rojas *et al.*, 2015).

2.2.4.2 Alcaloides

Los alcaloides constituyen un grupo muy heterogéneo de bases nitrogenadas, son productos terminales del metabolismo del nitrógeno, se encuentran como sales de ácidos orgánicos ligados en forma de glucósidos de la ramnosa, galactosa y glucosa, algunos intervienen en el crecimiento vegetal, ya sea por su capacidad de formar quelatos o por intervenir en fenómenos de óxido-reducción (Rodríguez, 1992). Los alcaloides son compuestos que contienen nitrógeno de gusto amargo, este nitrógeno heterocíclico procede del metabolismo de aminoácidos; todos los que presentan el grupo funcional amina o imina son básicos. La mayoría de los alcaloides poseen acción fisiológica intensa en los animales incluso a bajas dosis con efectos psicoactivos (Azcón y Talón, 2008).

Según Arango (2008), los alcaloides se pueden considerar como un compuesto orgánico de origen natural (generalmente vegetal), nitrogenado (el nitrógeno se encuentra generalmente intracíclico), derivados generalmente de aminoácidos, de carácter más o menos básico, de distribución restringida, con propiedades farmacológicas importantes a dosis bajas y que responden a reacciones comunes de precipitación los alcaloides y se clasifican en **Alcaloides Verdaderos**, son formados a partir de aminoácidos, tienen siempre un nitrógeno intracíclico, son de carácter básico y existen en la naturaleza normalmente en estado de sal; **Protoalcaloides**, son aminas simples con nitrógeno extracíclico, de carácter básico



y son productos del metabolismo de los aminoácidos; **Pseudoalcaloides**, no son derivados de aminoácidos. **Alcaloides imperfectos**, son derivados de bases púricas, no precipitan con los reactivos específicos para alcaloides.

Los alcaloides derivados de la pirrolizidina, presentes en plantas ampliamente extendidas en los pastos, no poseen ninguna característica discernible en su palatabilidad por los herbívoros. Son un grupo de alcaloides que no son tóxicos por sí mismos en los mamíferos sino que, al ser metabolizados por las enzimas microsomiales en el hígado, se convierten en compuestos pirrólicos heterocíclicos que son las toxinas responsables de la mayoría de los efectos patológicos. La molécula de pirrol se fija al hígado donde causa necrosis, o circula por el torrente sanguíneo causando daños en los pulmones; puede combinarse con moléculas de ADN ocasionando efectos mutagénicos y teratogénicos (Ramos *et al.*, 1998).

Existen tres tipos de alcaloides en las especies de *Erythrina*: dienófilos, alquenófilos y lactónicos; todas aminas terciarias, que tienen actividades farmacológicas como sedativo, hipotensivo, depresivo, laxativo y diurético (Arango, 2008). Los alcaloides de la *Erythrina cristagalli* (mulungu, murungu, sanandu, suína) están presentes en toda la planta, ocasionan depresión neurológica, astenia y parálisis muscular, son fácilmente absorbidos por el tracto gastrointestinal, son rápidamente eliminados por los riñones para disminuir la gravedad de la intoxicación (Gikovate, 2009).



Propiedades fisicoquímicas

Los alcaloides tienen masas moleculares que varían entre 100 y 900 g; son casi siempre incoloros a excepción de aquellos altamente conjugados como berberina (amarillo), sanguinarina (rojo), urabaina (verde) y xoaporfinas que van de amarillo a rojo; son normalmente sólidos a temperatura ambiente, algunas bases no oxigenadas como laconiina, la nicotina y la esparteina que son líquidas; con algunas excepciones como la arecolina que es oxigenada y líquida; los alcaloides base son poco solubles en agua (Arango, 2008).

Reconocimiento de los alcaloides

Las técnicas de reconocimiento son basadas en la capacidad que tienen los alcaloides en estado de sal (extractos ácidos), de combinarse con el yodo y metales pesados como bismuto, mercurio, tungsteno formando precipitados; estos ensayos preliminares se pueden realizar en el laboratorio o en el campo. En la práctica, se utilizan reactivos generales para detectar alcaloides como: la solución de yodoyoduro de potasio (reactivo de Wagner), mercurio tetrayoduro de potasio (reactivo de Mayer), tetrayodo bismuto de potasio (reactivo de Dragendorff), solución de ácido picrico (reactivo de Hager), ácido silico tungstico (reactivo de Bertrand), p-dimetilamino benzaldehído (reactivo de Ehrlich); nitración de alcaloides (reacción de Vitali-Morin se usa para alcaloides en estado base) (Arango, 2008).



Según Rojas *et al.* (2015), mencionan que el procedimiento analítico está basado en el método de Shamsa *et al.* (2008), consiste en la reacción de alcaloides (solamente aquellos que tienen nitrógeno en el interior de su estructura) con verde de bromocresol (BCG), dando lugar a la formación de un complejo de transferencia de carga alcaloide-verde de bromocresol, a un pH 4.7, de color amarillo, susceptible de una determinación espectrofotométrica a 470 nm. En otro método, los alcaloides presentes en extractos de plantas se precipitan usando el reactivo de Dragendorff (Sreevidya y Mehrotra, 2003). Este método se basa en la formación de un complejo bismuto unido al alcaloide, se desprende el bismuto del alcaloide con sulfuro disódico y luego el bismuto es lixiviado usando ácido nítrico y se hace reaccionar luego con tiourea, para producir un complejo de color amarillo que puede ser cuantificado espectrofotométricamente en la región visible a 435 nm.

2.2.5 Las transaminasas

Las transaminasas son un conjunto de enzimas que se encuentran dentro de las células y cuya función es catalizar las reacciones de transaminación. Cuando una célula es dañada y destruida las transaminasas plasmáticas se elevan por encima de sus valores normales o fisiológicos e indican la existencia de un problema en la población celular de donde es originaria. El cuerpo contiene a las transaminasas que son clínicamente útiles y son relativamente específicas de un órgano o grupo



de órganos (Kirk, 1989). Otros factores que hacen variar la concentración de los valores normales de las transaminasas en el suero sanguíneo en estudio son los estados de nutrición de los animales y las condiciones medio ambientales donde vive el animal. (McCurnin, 2001).

La estimación cuantitativa de las enzimas en materias diversas que pueden recoger para su análisis químico se emplea cada vez con más frecuencia como elemento auxiliar diagnóstico y del pronóstico. El suero es el sustrato más utilizado. Aunque en condiciones especiales es posible la investigación también en los glóbulos rojos y blancos, en el líquido cefalorraquídeo y en la orina. Las enzimas se encuentran en todos los tejidos del organismos y de ellas gran cantidad circulan en la sangre. Estos catalíticos orgánicos aparecen en cantidades verdaderamente reducidas. Por otra parte, solo en los años recientes esta clase de análisis se está utilizando en la clínica veterinaria para el diagnóstico y pronóstico de algunas enfermedades en animales. Las anomalías de la actividad enzimática celular pueden ser informativas respecto al estado funcional de un órgano o tejido determinados. Las transaminasas son catalizadores químicos de origen biológico esenciales para la vida, permiten que se produzcan numerosas reacciones bioquímicas en las células corporales. La causa de los incrementos de los valores normales depende del mecanismo fisiológico de estas enzimas transaminasas séricas. Si una enzima existe en concentración muy elevada solo en un órgano, un incremento en el suero podría ayudar a determinar el órgano afectado. Estas enzimas se conocen como

específicas de órganos o de tejidos; es el caso de las GPT (Cantillo y Villalobos, 2001).

La actividad de GOT amplifica la interpretación de la GPT y los ácidos biliares implicarían insuficiencia hepática. Los tejidos del riñón, corazón y músculo esquelético tienen cantidades significativas de GPT en orden descendente al indicado. Las concentraciones de la GPT suelen retornar a lo normal antes que la GOT. A menudo es útil comparar las dos en un diagnóstico diferencial (Balcells, 2006).

2.2.5.1 Transaminasas glutámico oxaloacético (AST o GOT)

La transaminasa glutámico oxaloacético (GOT), se encuentra tanto en el citoplasma como en las mitocondrias de los hepatocitos, células miocárdicas y renales, se observa un aumento en procesos patológicos como hepatitis viral, infarto cardiaco, infecciones renales (Kirk, 1989). La GOT se presenta en células de muchos otros tejidos especialmente del miocardio y músculo esquelético, por lo tanto la GOT también puede encontrarse elevada en los músculos alterados (Bush, 1982).

Los valores normales de GOT se eleva de 50 a 100 veces en enfermedades como la hepatitis viral, infarto cardiaco e infecciones renales, la GOT es muy empleada

para valorar además de obstrucción hepatobiliar, cirrosis hepática, en toda inflamación y necrosis del hígado (Gilberto, 1993).

La GOT tiene una vida media en la sangre de 17 horas y el 80% se encuentra en las mitocondrias de los hepatocitos, puede elevarse en enfermedad hepatocelular y degeneración del músculo cardíaco. Así mismo, se encuentran elevadas en estados de inflamación y necrosis del hígado, pancreatitis aguda, anemia hemolítica e infección renal (Benjamín, 1991). Los valores se encuentran elevadas por encima de sus valores normales cuando se presentan procesos anormales en el organismo animal, como enfermedades hepáticas (hepatopatías, hepatitis, cirrosis), pacientes con lesiones cardíacas (infarto de miocardio), necrosis muscular, enfermedad del músculo blanco e inanición (Coles, 1968).

La aspartato aminotransferasa (AST antiguamente GOT) es un indicador de lesión muscular o necrosis hepática, se encuentra elevada en infarto agudo de miocardio, hepatopatía aguda, miopatías por fármacos (Ruiz, 2013).

2.2.5.2 Transaminasa glutámico pirúvica (GPT)

La transaminasa glutámico pirúvico (GPT), es intracitoplasmática y se localizan en el hepatocito, músculo estriado y otras células, aumenta en procesos patológicos

como procesos inflamatorios o necrótico del hígado, infarto del miocardio (Kirk, 1989).

La transaminasa glutámico pirúvico (GPT) es muy específica y bastante sensible del hígado se localiza en el citoplasma de los hepatocitos y se libera incluso cuando se lesiona levemente la membrana celular; no es necesario que las células se lesionen irreversiblemente. La GPT esta elevada en el 88% de los perros con desordenes hepáticos. La vida media biológica de la GOT y GPT es de 35 horas (Kraft, 1998). La vida media en la sangre es de 50 horas, presenta alto grado de especificidad para el sustrato. La principal aplicación de la determinación de esta enzima sérica reside en el diagnóstico de la destrucción hepatocelular (John, 2000; Wilkinson, 1965).

Es una enzima con gran concentración en el hígado y en menor medida en los riñones, corazón y los músculos. Cuando hay lesión en estos órganos la enzima es liberada a la sangre y por lo tanto se verá elevada en los resultados de los análisis. Como es una transaminasa más específicamente hepática aparece más elevada en enfermedades hepáticas que en otras enfermedades, por eso el cociente GPT/GOT será mayor de 1 en enfermedades hepáticas como la hepatitis vírica. Al contrario cuando es menor a 1 aparecen en congestión hepática o tumores hepáticos. Su elevación es directamente proporcional al daño celular y puede servir como indicativo de la evolución de la enfermedad. Además se deben tener en cuenta

ciertos medicamentos que pueden elevar sus valores, como paracetamol, ampicilina, céfalosporina, clorpropamida, cloxacilina, codeína, tetraciclinas y otros (Meyer y Harvey, 1998). La GPT suele estar aumentada por encima de sus valores normales en pacientes con hepatitis infecciosas, tumores hepáticos, degeneración grasa del hígado, las hepatopatías glucocorticoides, degeneración muscular (Coles, 1968; John, 2000).

La alanino aminotransferasa (ALT antiguamente GPT) es muy estable y de larga duración, se encuentra elevada en la afección hepática inducida por medicamentos, hepatitis, inflamación de la vesícula, síndromes metabólicos (Ruiz, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo y nivel de investigación

El estudio realizado es de tipo experimental, prospectivo, longitudinal, analítico y nivel de investigación explicativo.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Ubicación del medio y unidades experimentales

El presente estudio se realizó en el sector de Mosoccpampa, distrito de Tamburco provincia de Abancay donde se utilizó el forraje de pisonay. Además de un galpón acondicionado e implementado, para garantizar el bienestar animal durante la etapa experimental.

3.2.2 Alimentación

Debido a la disponibilidad existente en la zona y considerando la accesibilidad a los lugares de recolección, se tomaron muestras de la *Erythrina sp* (pisonay), con 4 meses de rebrote en estado verde tanto hojas y peciolo, los cuales fueron

suministrados a los animales (cuyes) como alimento dos veces al día y del mismo modo se procedió con alfalfa fresca.

3.2.3 Animales

Se utilizaron 30 cuyes machos mejorados (tipo 1), distribuidos en tres tratamientos cada uno de 10 animales, tratados con los siguientes porcentajes de alimentación:

T1: 100% Pisonay

T2: 50% Pisonay + 50% alfalfa

T3: 100% alfalfa

Los cuyes se criaron en jaulas que contaron con bebederos manuales, se tuvo un periodo de acostumbramiento de siete días, al finalizar esta fase, previa insensibilización, se degollaron 2 animales por tratamiento, para obtener sangre y realizar el análisis de las transaminasas y la evaluación experimental se desarrolló en 21 días.

3.3 Método y diseño de investigación

3.3.1 Determinación de factores antinutricionales

La concentración de taninos y alcaloides totales en el pisonay y alfalfa se realizaron en el Laboratorio de Métodos Instrumentales de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

3.3.1.1 Determinación de taninos

Se utilizó el método propuesto por Velásquez (2004) para cuantificar taninos. Se realizó la extracción de taninos con solución metanol-agua: Se colocó en un recipiente de vidrio de 1L, 2.00 g de la muestra seca con 200 mL de una solución de metanol-agua. Todo el sistema se dispuso sobre un baño de hielo y se agitó con un rodete de dos palas accionado por un motor de ½ hp por 3 horas. La mezcla resultante del proceso de agitación, se centrifugó por 40 minutos a 200 rpm, obteniéndose como producto de esta operación mecánica dos fases. La fase sólida conformada por las muestras con menos contenido de polifenoles y la fase líquida formada por metanol, agua y taninos. Por último se recolectó el sobrenadante en un recipiente con tapa y se almacenó en el refrigerador a 4°C, hasta el instante previo de su uso en la cuantificación de taninos (fracción metanólica).

La determinación del contenido de taninos en el extracto alcohólico, se hizo utilizando la espectrofotometría ultravioleta-visible donde las muestras fueron leídas a 700 nm y su absorbancia referida a ácido tánico.

3.3.1.2 Determinación de alcaloides

Se utilizó el método espectrofotométrico para cuantificar flavonoides totales expresados como quercetina (Gutierrez *et al.*, 2000): se reflujo 0,5 g de muestra 2 h con 20 mL de ácido sulfúrico al 10% y 20 mL de etanol al 50%, se enfrió y se filtró con ayuda de vacío. El residuo se lavó con 30 mL de etanol al 50% para desecharlo finalmente; el filtrado se evaporó en baño de agua hasta la mitad del volumen inicial, se enfrió sobre baño de hielo durante 30 min y luego se filtró, se lavó el precipitado formado con 4 porciones de 10 mL de agua destilada fría (10-15°C). Se eliminó el filtrado y los lavados, y el residuo tanto del filtro como del recipiente se disolvió en 70 mL de etanol al 96%, se calentó previamente a 50°C; la solución se trasladó a un volumétrico de 100 mL y se completó el volumen con etanol al 96% (solución muestra). Posteriormente se leyó las absorbancias a 258 nm. Como patrón se empleó 0.04 g de quercetina, los cuales se diluyeron con etanol al 96% hasta completar un volumen de 50 mL; de esta solución se tomó 1 mL y se diluyó en 100 mL con etanol al 50%. El blanco será una solución de etanol al 50%. Para expresar los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$X = \frac{A_m \times P_R \times 5}{A_R} \times 100$$

Donde:

X: contenido de flavonoides totales expresados como quercetina (%),

A_m: absorbancia de la solución muestra,

P_R: peso de la sustancia de referencia (g),

A_R: absorbancia de la solución de referencia.

3.3.2 Determinación de transaminasas

La determinación de los niveles séricos de aminotransaminasas en el suero sanguíneo de los cuyes se realizó en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Para lo cual se utilizó set de reactivos para la determinación de transaminasas GOT y GPT (Laboratorio Valtek, Chile). Reactivos provistos: Sustrato GOT: comprimidos conteniendo 0.22 mmol de L-aspartato de búfer fosfatos para pH 7.4. Sustrato GPT: comprimidos conteniendo 0.44 mmol de dL-alanina, 4.4 umol de α cetoglutarato y 220 umoles de buffer fosfatos para pH 7.4. Reactivo 2,4-DNFH: comprimidos conteniendo cada uno la cantidad necesaria de 2,4-dinitrofenil hidracina para una concentración final de 1 mmol/L. Standard: Solución de piruvato de sodio 0,68 mmol/L.

Fundamento del método:

GOT cataliza la reacción:



GPT cataliza la reacción:



El piruvato formado (el oxalacetato es inestable y se transforma parcialmente en piruvato) reacciona con la 2,4-DNF produciéndose en medio alcalino, un compuesto coloreado que se mide a 505 nm.

Procedimiento:

- Se utilizó dos cubetas fotométricas marcadas o rotuladas con B (blanco) y D (desconocido).
- Se adicionó el reactivo de trabajo denominado sustrato GOT o GPT en una cantidad de 0.5 mL en el B y D.
- Se adicionó el suero sanguíneo de cada una de las muestras en una cantidad de 100 uL al tubo D.
- Se homogenizó por agitación suave. Incubar exactamente 1 minuto para GOT y GTP.
- Se agregó el reactivo 2,4- DNFH en una cantidad de 0.5 mL a cada tubo.
- Se homogenizó y dejó por 1 minuto entre 20 a 25 °C.
- Después se leyó cada minuto por tres veces en el fotómetro a 505 nm.

3.3.3 Examen macroscópico del hígado

En el hígado se observó el tamaño (peso), relación peso vivo/hígado, superficie, forma, color, consistencia al corte y además se observó la vesícula biliar, tamaño y contenido de la misma (De Aluja y Constantino, 2002), además se realizó la observación y descripción de las patologías presentes relacionadas con los niveles de aminotransaminasas, en cuanto a su gravedad y localización.

3.3.4 Procesamiento y análisis de datos

Para la interpretación de los resultados de la concentración de aminotransaminasas, en el suero sanguíneo se utilizó el diseño completamente al azar, cuyo modelo es el siguiente:

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

Dónde:

Y_{ij} : Es la lectura del tratamiento donde j es la concentración bioquímica sanguínea, dentro de la edad de rebrote del pisonay y alfalfa.

μ : Promedio general

F_i : Efecto de la dieta (pisonay y alfalfa)

e_{ij} : Error asociado con la muestra j dentro de la edad de rebrote del pisonay y alfalfa.

Para la comparación de medias de cada uno de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Concentración de taninos y alcaloides totales

Los resultados del análisis de metabolitos secundarios en las forrajeras evaluadas se muestran en la tabla 6. En este sentido el nivel de taninos y alcaloides totales en el pisonay fueron muy elevados y superiores, en 12 g y 18 g respectivamente, a los encontrados en la alfalfa. Se observó que en la alfalfa los alcaloides son imperceptibles.

Tabla 6. Nivel de taninos y alcaloides totales (g/kg de MS) en alfalfa y pisonay.

Forrajes	Taninos totales		Alcaloides totales	
	X ± DE	CV (%)	X ± DE	CV (%)
Alfalfa	2.2 ± 0.2	9.9	ND	
Pisonay	14.0 ± 1.8	12.7	17.8 ± 2.3	12.9

X: Promedio. DE: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variabilidad.
ND: No detectado.

En el presente estudio, los taninos totales encontrados en la alfalfa es superior en más de 2.0 g/kg de MS en comparación a los reportados por Barry y McNabb (1999) citado por Arévalo (2008) indican que en la alfalfa es de 0.125 g/kg de MS y en el trébol rojo y blanco (valores menores a <0.4 g/kg de MS) e inferiores a otras

leguminosas como el lotus grande, sulla y trebol pata de pájaro encontraron valores entre 4.0 a 15.4 g/kg de MS.

La concentración de taninos y alcaloides encontrados en el pisonay son superiores a los reportados por Verdecia *et al.* (2014) y por Gutiérrez *et al.* (2010), quienes mencionan que en las plantas herbáceas *Neonotonia wightii* (soja forrajera o perenne) en época de lluvia a los 90 días es de 5.24 y 0.30 g/kg MS y *Desmodium molliculum* 5.168±0.10 g de taninos, respectivamente.

La concentración de taninos encontrados en el pisonay resulta ser superior a los reportados por García y Medina (2006) y García *et al.* (2008), mencionan que en arboles forrajeros como la *Trichantera gigantea*, *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbeck*, *Moringa oleifera*, *Pithecellobium saman*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Pithecellobium dulce* y *Cassia fistula* encontraron valores entre 0.4 a 12.7 g/kg de MS, similar a la *Albizia caribaea* (14.3 g/kg de MS) e inferiores a la *Leucaena macrophylla*, *Cassia grandis*, *Schizolobium excelsum* y *Lysiloma latisiliquum* encontraron valores entre 15.7 a 26.1 g/kg de MS.

La concentración de alcaloides encontrados en el pisonay resulta ser superior a los reportados por García y Medina (2006) y García *et al.* (2008), mencionan que en arboles forrajeros encontraron valores entre 0.3 a 2.7 g/kg de MS.

La cantidad de taninos encontrados en el pisonay expresados en porcentaje con respecto a la materia seca fue 1.4%, Lascano (1996) citado por Araujo (2008) menciona que la concentración ideal está entre 2-4%.

4.2 Concentración de aminotransaminasas

Al finalizar la fase pre experimental se beneficiaron dos cuyes por cada tratamiento, se observó que la concentración de GOT fue 47.1, 54.8 y 75.6 UI/L y de GPT fue 24.5, 37.9 y 49.7 UI/L en cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay, respectivamente.

Las aminotransaminasas en suero sanguíneo de cuyes se observa en la tabla 7, la concentración de GOT (UI/L) fue mayor en 21 y 25 UI/L en los cuyes alimentados con alfalfa más pisonay y pisonay con respecto a los animales que consumieron alfalfa, se encontró que existe una diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

La concentración de GPT fue mayor en 9 y 23 UI/L en los cuyes alimentados con alfalfa más pisonay y pisonay con respecto a los animales que consumieron alfalfa, se encontró que existe una diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

Tabla 7. Concentración de aspartato aminotransferasa (AST o GOT) y alanino aminotransferasa (ALT o GPT) en suero sanguíneo de cuyes.

Dietas	N	GOT (UI/L)		GPT (UI/L)	
		X ± DE	CV (%)	X ± DE	CV (%)
Alfalfa	8	50.0 ± 6.4 ^b	12.7	39.1 ± 7.2 ^c	18.4
Alfalfa más Pisonay	8	71.9 ± 15.2 ^a	21.1	48.8 ± 7.1 ^b	14.5
Pisonay	8	76.4 ± 11.8 ^a	15.5	62.0 ± 8.4 ^a	13.5

X: Promedio. DE: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variabilidad.
 Letras diferentes en super índice (a, b, c) observadas en las columnas indican diferencias significativas con un $\alpha=0.05$.

Al comparar las concentraciones preliminares con las experimentales, se observa el incremento de GOT en los cuyes alimentados con alfalfa más pisonay (más de 17 UI/L) y son similares en las dietas basadas exclusivamente con alfalfa y pisonay. También, se observa el incremento de GPT en los tres tratamientos, en un rango de 11 a 15 UI/L.

La concentración normal de GOT y GPT en cuyes reportados por Gross (2009), con rangos de 45-68 y 25-40 UI/L respectivamente, fueron similares a los valores obtenidos en los cuyes alimentados con alfalfa. La concentración de GOT en cuyes alimentados con alfalfa más pisonay y pisonay fueron superiores en 3 y 8 UI/L con respecto al rango máximo, además, con respecto a la GPT fue mayor en 8 y 21 UI/L en cuyes alimentados con alfalfa más pisonay y pisonay, respectivamente.

Las concentraciones de GOT y GPT encontradas en el presente trabajo resultaron superiores a los reportados por Nwachukwu y Iweala (2011) que al utilizar alimento normal, 10 g de jengibre, 10 g de pimienta, 10 g de ajo y 10 g de cada uno en la dieta de cuyes, observaron que la actividad de las enzimas hepáticas (11.5 a 22.5 UI/L) fueron elevadas aunque no lo suficientemente altas ($P \geq 0.05$) para sugerir toxicidad hepática.

La concentración de GOT en cuyes alimentados con pisonay fue similar a los reportados por Ticona (2011) menciona que los valores en cuyes aparentemente sanos es de 75.50 ± 3.74 UI/L, también se demostró que nuestros valores son inferiores al compararlos con cuyes aparentemente enfermos (114 ± 20.04 UI/L).

La concentración de GPT en cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay son mayores a los reportados por Ticona (2011) menciona que según el estado clínico los valores fueron de 13.67 ± 0.89 y 23.34 ± 1.94 UI/L en cuyes aparentemente sanos y enfermos, respectivamente ($P \leq 0.01$).

Al comparar los niveles séricos de GOT y GTP hallados en cuyes con otros roedores como el chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) mencionado por Corredor y Rodríguez (2010), en ratas y conejos mencionado por Gross (2009) se observa una gran variabilidad entre especies.

En el presente estudio el incremento en la concentración de GOT, en cuyes alimentados con alfalfa más pisonay y especialmente en animales alimentados con pisonay, por encima de 68 UI/L rango máximo propuesto por Gross (2009) nos indica probablemente alteraciones en el funcionamiento del hígado, esto es corroborado por Gilberto (1993) menciona que se deba a una obstrucción hepatobiliar y necrosis del hígado, Benjamín (1991) y Ruiz (2013) coinciden en una probable necrosis del hígado y Coles (1968) menciona que los niveles séricos aumentan cuando se presenta enfermedades hepáticas.

El incremento en la concentración de GPT por encima de los valores normales, por encima de 40 UI/L rango máximo propuesto por Gross (2009) nos indica probablemente alteraciones en el funcionamiento del hígado, en los cuyes alimentados con alfalfa más pisonay y especialmente en animales alimentados con pisonay, esto es corroborado por Kirk (1989) que menciona un aumento en los niveles séricos en procesos patológicos como la necrosis del hígado, a su vez John (2000) y Wilkinson (1965) mencionan que existe una destrucción hepatocelular, en otros trabajos John (2000) y Coles (1968) indican la presentación de la degeneración grasa del hígado y Ruiz (2013) inflamación de la vesícula.

4.3 Lesiones anatomopatológicas en el hígado de cuyes

La tabla 8 muestra que las lesiones anatomopatológicas se evidenciaron en los tres tratamientos alimenticios en esta investigación, en especial en los cuyes que fueron alimentados con alfalfa más pisonay y pisonay, se observa que la lesión más frecuente en este estudio fue la degeneración grasa que representa el 100%, seguido de la dilatación vesicular que representa entre el 75 y 100% y por último la presencia de focos necróticos y congestión.

Tabla 8. Lesiones patológicas (%) en el hígado de cuyes.

Lesiones	Dietas		
	Alfalfa	Alfalfa más Pisonay	Pisonay
Focos necróticos	12.5	87.5	87.5
Congestión	37.5	87.5	75.0
Degeneración grasa	25.0	100.0	100.0
Dilatación vesicular	37.5	100.0	75.0
Relación Hígado/PV	4.08	3.78	3.58

PV: Peso vivo

La tabla 8 también muestra la disminución en la relación que existe entre el peso del hígado y el peso vivo de los cuyes alimentados con las dietas propuestas

(representado por el peso al beneficio), se observa que disminuye al incrementarse de 50% a 100% la cantidad de pisonay.

Las lesiones encontradas en el hígado son similares a los hallados por Avendaño (2011), menciona que al alimentar cuyes con alcaravea y botoncillo se observó degeneración, necrosis y bilis con degeneración de estructura y color.

El consumo de pisonay en la dieta con una proporción de 50% y como alimento único ocasiona alteraciones en el metabolismo del hígado y como consecuencia ocasiona la presencia de lesiones, estas patologías se deben probablemente a que las hojas del pisonay tengan taninos hidrolizables, esto es corroborado por Oliveira *et al.* (2001) mencionan que en monogástricos provoca disminución del crecimiento, disminución en la utilización de la proteica y alteraciones en la mucosa del tracto digestivo, a su vez Pedraza *et al.* (2005) mencionan que los taninos hidrolizables son más tóxicos que los condensados, ya que algunos productos de su degradación provocan hepatotoxicidad.

Con respecto a los alcaloides encontrados en el pisonay probablemente sean los causantes de las alteraciones patológicas en cuyes, Ramos *et al.* (1998) menciona que el metabolismo de los alcaloides ocurre en los microsomas del hígado y producen un compuesto pirrólico que causa efectos patológicos como la necrosis y

Gikovate (2009) indica que la *Erythrina cristagalli* tiene alcaloides en toda la planta y ocasionan depresión neurológica, astenia y parálisis muscular.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La concentración de taninos totales en el pisonay fue superior a los hallados en alfalfa y en la alfalfa no se detectó alcaloides totales.
- Los niveles séricos de aspartato aminotransferasa (AST o GOT) en cuyes alimentados con alfalfa más pisonay y pisonay fueron superiores a los animales alimentados con alfalfa ($P \leq 0.05$) y la alanino aminotransferasa (ALT o GPT) en cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$).
- El incremento proporcional de 50 a 100% de pisonay en la dieta de cuyes, produce lesiones anatomopatológicas en el hígado como degeneración grasa, dilatación vesicular, focos necróticos y congestión, además provoca un menor peso del hígado.

5.2 Recomendaciones

- No utilizar más del 50% de pisonay como forraje en la dieta de cuyes, con el objetivo de evitar necrosis hepática y la presencia de patologías en otros órganos.

- Realizar investigaciones respecto al uso del pisonay con diferentes días de rebrote y con otras especies, con la finalidad de determinar metabolitos secundarios como taninos condensados e hidrolizables, compuestos fenólicos totales y otros que puedan alterar la salud de los animales y encontrar un porcentaje adecuado en la dieta.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Acero, L.E. 2002. Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú (*Erythrina edulis*). Publicado por Convenio Andrés Bello. Colombia.
2. Arango, G.J. 2008. Alcaloides y compuestos nitrogenados. Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
3. Araujo, O. 2008. Factores antinutricionales en los alimentos para ganado vacuno. En: González, C.; Madrid, N. y Soto, E. (Ed.). Desarrollo Sostenible de la Ganadería de Doble Propósito. Venezuela.
4. Arévalo, L. 2008. Taninos condensados en especies forrajeras y sus efectos en la productividad animal. Revista Electrónica Nutritime, 5(3): 584-591.
5. Avendaño, M.M, 2011. Determinación de alteraciones orgánicas causadas por plantas tóxicas, alcaravea (*Carum carvi*) y botoncillo (*Spilantehes oleraceae*) en cobayos. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
6. Azcón, J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Mc Graw Hill Interamericana. Barcelona, España.
7. Balcells, A, 2006. La clínica y el laboratorio. 20va. ed. Editorial Masson S.A. Barcelona, España. Disponible en: <http://quimicosclnicosxalapa04.spaces.live.com/>
8. Benavides, J.E. 1998. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. In: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Cali, Colombia.

9. Benjamín, M. 1991. Manual de patología clínica en veterinaria. 3ra. ed. Ed. Limusa. México.
10. Bush, M. 1982. Manual de Laboratorio Veterinario de Análisis Clínicos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
11. Cantillo, J. y Villalobos, J. 2001. Estudio del potencial hepatotóxico y la resistencia parasitaria del itriscanate micronizado en caninos. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.
12. Cárdenas, L.A. 2011. Digestibilidad in situ del pisonay (*Erythrina sp*) en cabras (*Capra hircus*). Tesis de Maestría en Producción Animal, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
13. Cárdenas, L.A.; Bautista, J.L.; Zegarra, J.L. y Ramos, R. 2013. Degradabilidad ruminal de la fibra del follaje pisonay (*Erythrina sp*). Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 7(1): 42-49.
14. CENAGRO. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
15. Chauca, L. 1997. Producción de cuyes. Disponible en: www.fao.org/docrep/W6562S/w6562s08.htm
16. Coles, E. 1968. Patología y diagnóstico veterinario. Editorial Interamericana, S.A. México.



17. Correa, S. 1994. Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos, proteicos y fibrosos en cuyes. Tesis de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
18. Corredor, J.R. y Rodríguez, J.A. 2010. Estudio del perfil hemático y metabólico de chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en confinamiento. Revista Orinoquia, 14(Sup. 1): 95-109.
19. De Aluja, A. y Constantino, F. 2002. Técnicas de necropsia en animales domésticos. 2da. ed. Editorial El Manual Moderno. México.
20. Ferrari, A.E. y Wall, L.G. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la vegetación de suelos degradados. Revista de la Facultad de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina, 105(2): 63-87.
21. Fuss, S. 2002. Physiologie et pathologie digestives du cobaye domestique *Cavia porcellus*. These de grade, Docteur Veterinaire. Université Paul Sabatier de Toulouse, Francia.
22. García, D.E. y Medina, M.G. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Zootecnia Trop., 24(3): 233-250.
23. García, D.E.; Medina, M.G.; Clavero, T.; Cova, L.J.; Domínguez, C. y Baldizán, A. 2008. Caracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles polifenólicos. Revista Científica, 18(2): 188-196.



24. García, M. y Zurita, A. 2010. *Transaminasas: Valoración y significación clínica. Protocolos de gastroenterología, hepatología y nutrición.* 2da. ed. Editorial Ergón S.A. Madrid, España.
25. Gikovate, D. 2009. *Plantas tóxicas.* Faculdade de Ciências da Saúde de São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. Disponible en: <http://plantastoxicassenosas.blogspot.pe/2009/07/corticeira-erythrina-crista-galli-1.html#.WV0XEoThDIU>
26. Gilberto, M. 1993. *Interpretación clínica del laboratorio.* 4ta. ed. Editorial Médica Panamericana. Bogotá, Colombia.
27. Gross, D.R. 2009. *General principles of animal selection and normal physiological.* Springer eBook. Illinois, EEUU.
28. Gutiérrez, D.M.; Ortiz, D.; Muñoz, G.; Bah, M. y Serrano, V. 2010. Contenido de sustancias antinutricionales de malezas usadas como forraje. *Rev. Latinoamer. Quím.*, 38(1): 58-67.
29. Izaguirre, F. y Martínez, J. 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha*, 21(1): 28-40
30. Jiménez, G.; López, M.; Nahed, J.; Ochoa, S. y De Jong, B. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. *Vet. Méx.*, 39(2): 199-213.
31. John, H. 2000. *Diagnóstico y tratamiento clínico por el laboratorio.* 9na. ed. Editorial Masson, S.A. Barcelona, España.



32. Kraft, H. 1998. Métodos de laboratorio clínico de medicina veterinaria de mamíferos domésticos. Editorial Acribia S.A. Barcelona, España.
33. Kirk, H. 1989. Manual de urgencias en veterinaria. 3ra. edición. Editorial Salvat. Barcelona, España.
34. Ku, J.C.; Ramírez, L.; Jiménez, G.; Alayón, J.A. y Ramírez, L. 1998. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. In: Conferencia electrónica de la FAO sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. FAO, Roma-Oxford Forestry Institute, UK-CIPAV, Colombia.
35. Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria, 15(2): 226-231.
36. Makkar, H.P.S. 1993. Antinutritional factors in foods for livestock. Animal Production in Developing Countries. BSAP Occasional Publication No. 16, British Society of Animal Production. Edinburgh, UK.
37. Mamani, M. 2006. Determinación del valor nutritivo de forrajes nativos de ceja de selva de Puno y su utilización en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
38. Márquez, D. y Suárez, A. 2008. El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. Revista de Medicina Veterinaria, 16(2): 87-109.
39. McCurnin, D. 2001. Clinical Textbook for Veterinary Technicians. 5ta. ed. Editorial WB Saunder. Philadelphia, USA.

40. Meyer, D.J. y Harvey, J.W. 1998. Veterinary laboratory medicine: interpretation and diagnosis. 2da. ed. W.B. Saunders. Philadelphia, USA.
41. Moreno, A. 1989. Producción de cuyes. Segunda Edición. Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
42. Nwachukwu, N. y Iweala, E.E.J, 2011. Studies on the biochemical indices of guinea pigs fed with mixed spiced diets. Aust. J. Basic & Appl. Sci., 5(12): 3349-3356.
43. Oliveira, C.M.; Proença, C.I. y Fialho, T.A. 2001. Substâncias tóxicas e anti-nutricionais dos alimentos para animais. Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa. Portugal.
44. Peesok, R. y Shields, D. 2008. Métodos modernos de análisis químicos. Editorial Limusa. Barcelona, España.
45. Pedraza, R.M.; Martínez, S.J.; Hernández, J.E. y Franco, F.J. 2005. Los taninos en los forrajes y su papel en la nutrición de los rumiantes. Revista de Producción Animal, 17(1): 1-9.
46. Quispe, F., 2002. Producción de Animales Menores. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
47. Quispe, U.S.; Pineda, M.E. y Zea, D. 2007. Caracterización de sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en Tamburco-Apurímac. Memorias del XIX Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias. Puno, Perú.
48. Ramos, R. 2009. Valor nutricional y digestibilidad del pisonay (*Erythrina sp*) en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

49. Ramos, G.; Frutos, P.; Giráldez, F.J. y Mantecón, A.R. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. Arch. Zootec. 47: 597-620.
50. Revollo, K. 2003. Material de difusión sobre nutrición y alimentación del cuy (*Cavia aperea porcellus*) para estudiantes de pregrado y productores. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
51. Rico, E. y Rivas, C. 2001. Manual sobre manejo de cuyes, Programa de crianzas familiares de cuyes. Segunda Edición. Impreso en Gráfica Soliz. Proyecto Mejocuy, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia
52. Rodríguez, G. 1992. Desarrollo de una metodología de análisis de alcaloides totales en el género *Erythrina spp* por espectroscopía ultravioleta (UV). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica.
53. Rojas, L.; Jaramillo, C. y Lemus, M. 2015. Métodos analíticos para la determinación de metabolitos secundarios. Universidad Técnica de Machala. Ediciones UTMACH. Ecuador.
54. Román, M.L.; Mora, A. y Ochoa, H. 2006. Especies forestales con diversidad de usos en un bosque tropical caducifolio de la comunidad indígena de Tomatlán, Jalisco, México. XVII Semana de la Investigación Científica. México.
55. Romero, C.E. 2000. Efecto del pastoreo con ovinos sobre la concentración de taninos condensados en *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp en el trópico seco. Tesis Mag. Sc. Universidad de Colima, Colombia.

56. Ruiz, J. 2013. Aproximación al análisis de bioquímica sanguínea y uroanálisis en animales silvestres y especies no convencionales. *Memorias de la Conferencia Internacional de Medicina en Aprovechamiento de Fauna Silvestre y Exótica Convencional*, 9(1): 58-57.
57. Sánchez, C.Z. 2015. Efecto del pisonay (*Erythrina sp*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*), del destete a la saca. Tesis Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Nacional Micaela Bastidas, Apurímac, Perú.
58. Shelton, M. 2000. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. *Unasyuva*, 51:25-32.
59. Smith, B. 1996. *Medicina interna de animales mayores*. 2da. ed. Nosbyp. New York, USA.
60. Ticona, M.M. 2011. Actividad enzimática de las transaminasas glutámico oxalacético glutámico pirúvico y fosfatasa ácida en el suero sanguíneo del cuy. Tesis Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
61. Torres, J.F de J.; Alonso, M.A.; Hoste, H.; Saldoval, C.A. y Aguilar, A.J. 2008. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1): 83-90.
62. Velásquez, A.M. 2004. Extracción de taninos presentes en el banano verde. *Rev. Lasallista Investig.* 1(2):17-22.
63. Verdecia D.M.; Herrera R.S.; Ramírez J.L.; Leonard I.; Bodas R.; Prieto N.; Andrés S.; Giráldez F.J.; González J.S.; Arceo Y.; Paumier M.; Alvarez Y. y López S.

2014. Efecto de la edad de rebrote en el contenido de metabolitos secundarios de la *Neonotonia wightii* en el Valle del Cauto. Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48(2): 149-154.
64. Wilkinson, J. 1965. Introducción al diagnóstico enzimático. Editorial Toray S.A. Barcelona, España.

ANEXOS

Tabla 9. Niveles séricos de aminotransaminasas (UI/L.) en cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay.

Dietas	Arete	AST o GOT	ALT o GPT
Alfalfa	1	49.897	37.440
	3	59.326	47.533
	4	51.272	37.822
	6	52.254	35.394
	13	41.253	33.158
	14	55.987	28.622
	15	48.915	49.322
	16	41.253	43.828
Promedio		39.1	50.0
Desviación estándar		7.2	6.4
Coefficiente de variabilidad		18.4	12.7
Alfalfa más pisonay	9	48.300	88.596
	17	33.925	50.388
	18	46.000	61.487
	20	54.338	65.809
	21	52.900	60.701
	23	54.817	87.516
	25	54.433	90.757
	26	45.712	70.131
Promedio		48.8	71.9
Desviación estándar		7.1	15.2
Coefficiente de variabilidad		14.6	21.1
Pisonay	8	60.567	64.827
	10	53.475	60.112
	11	59.225	66.300
	12	77.433	81.917
	27	69.767	76.613
	28	55.583	85.650
	29	54.433	80.542
	30	65.167	94.883
Promedio		62.0	76.4
Desviación estándar		8.4	11.8
Coefficiente de variabilidad		13.5	15.5

**ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE ASPARTATO AMINOTRANSFERASA
(AST o GOT) EN CUYES**

Class Levels Values
DIETAS 3 A P P

Number of observations in data set = 24

Dependent Variable: GOT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3181.30019308	1590.65009654	11.62	0.0004
Error	21	2874.81375675	136.89589318		
Corrected Total	23	6056.11394983			

R-Square	C.V.	Root MSE	GOT Mean
0.525304	17.70099	11.70025184	66.09941667

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: GOT

Alpha= 0.05 df= 21 MSE= 136.8959

Critical Value of Studentized Range= 3.565

Minimum Significant Difference= 14.746

Tukey Grouping	Mean	N	DIETAS
A	76.356	8	P
A	71.923	8	AP
B	50.020	8	A



ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE ALANINO AMINOTRANSFERASA (ALT o GPT)
EN CUYES

Class Levels Values
DIETAS 3 A AP P

Number of observations in data set = 24

Dependent Variable: GPT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2098.58684258	1049.29342129	18.29	0.0001
Error	21	1204.85638925	57.37411377		
Corrected Total	23	3303.44323183			

R-Square	C.V.	Root MSE	GPT Mean
0.635273	15.15932	7.57457020	49.96641667

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: GPT

Alpha= 0.05 df= 21 MSE= 57.37411

Critical Value of Studentized Range= 3.565

Minimum Significant Difference= 9.5461

Tukey Grouping	Mean	N	DIETAS
A	61.956	8	P
B	48.803	8	AP
C	39.140	8	A

Tabla 11. Lesiones patológicas (%) en hígado de cuyes alimentados con alfalfa, alfalfa más pisonay y pisonay.

Dietas	Arete	Focos necróticos	Congestión	Degeneración grasa	Dilatación Vesicular
Alfalfa	1	Si	No	No	No
	3	No	Si	Si	No
	4	No	Si	Si	No
	6	No	No	No	No
	13	No	Si	No	Si
	14	No	No	No	No
	15	No	No	No	Si
16	No	No	No	Si	
Porcentaje		12.5	37.5	25.0	37.5
Alfalfa más pisonay	9	Si	Si	Si	Si
	17	Si	Si	Si	Si
	18	No	No	Si	Si
	20	Si	Si	Si	Si
	21	Si	Si	Si	Si
	23	Si	Si	Si	Si
	25	Si	Si	Si	Si
26	Si	Si	Si	Si	
Porcentaje		87.5	87.5	100.0	100.0
Pisonay	8	Si	Si	Si	Si
	10	Si	Si	Si	Si
	11	Si	Si	Si	Si
	12	Si	Si	Si	Si
	27	Si	Si	Si	Si
	28	Si	No	Si	No
	29	Si	No	Si	No
30	No	Si	Si	Si	
Porcentaje		87.5	75.0	100.0	75.0



Figura 1. Preparación de suero sanguíneo de cuyes para la reacción de AST (GOT) y ALT (GPT).



Figura 2. Lectura de la absorbancia de las muestras en el espectrofotómetro.



Figura 3. Necropsia de cuyes.

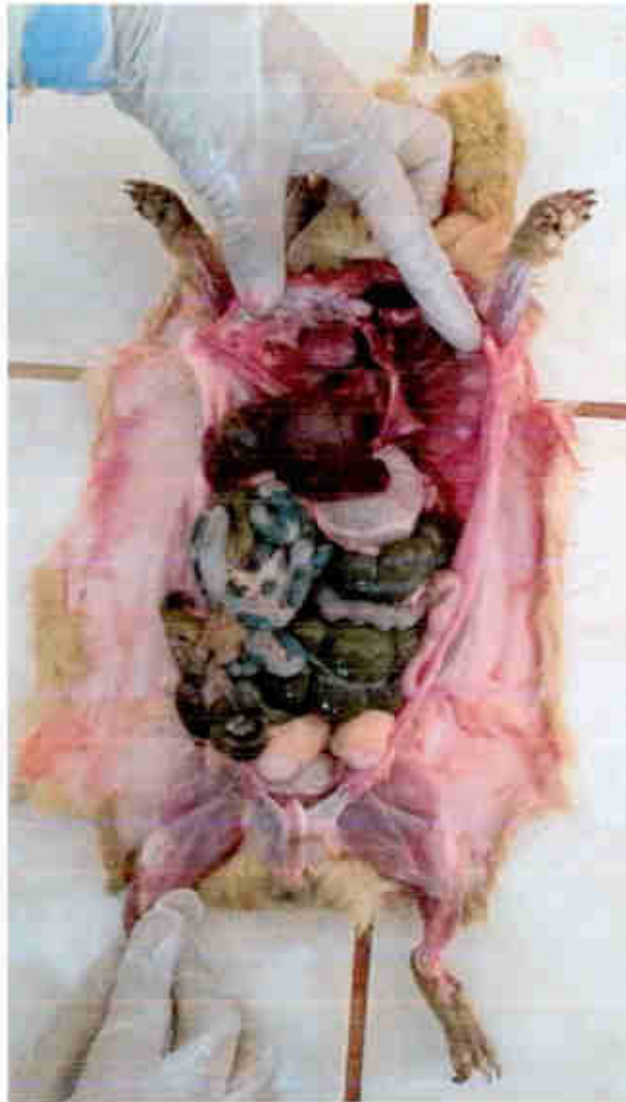


Figura 4. Examen de los órganos, con énfasis en el hígado.



Figura 5. Hígado (cara diafragmática y visceral) aparentemente normal de cuy alimentado con alfalfa.

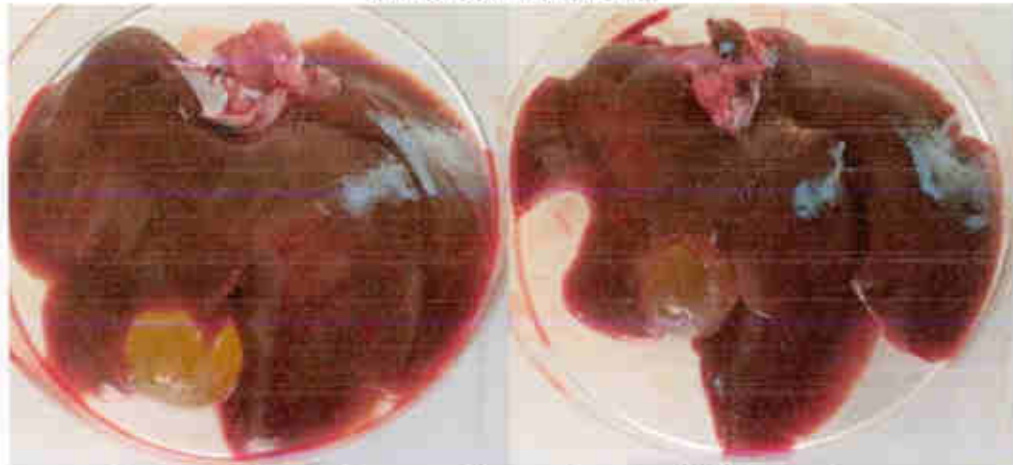


Figura 6. Hígado de cuyes alimentados con alfalfa más pisonay.

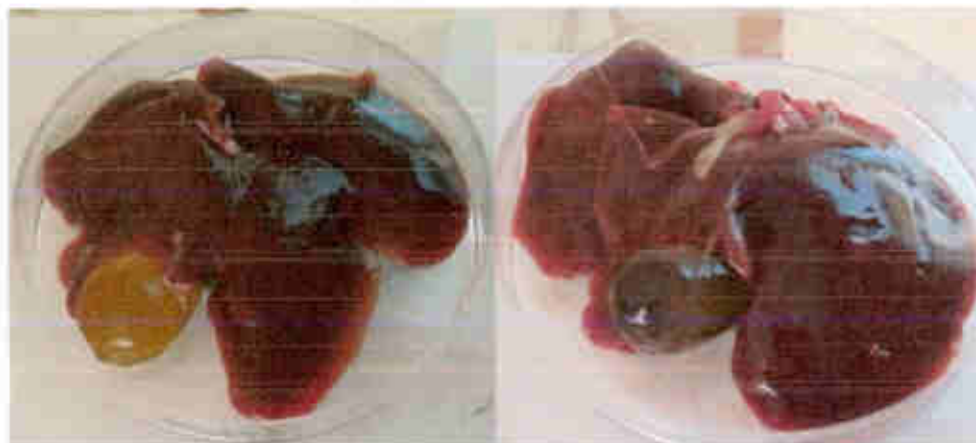


Figura 7. Hígado de cuyes alimentados con pisonay.