

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**USO DE COMPLEJO MULTIENZIMÁTICO FIBROLÍTICO SOBRE
LA DIGESTIBILIDAD DE RASTROJOS AGRÍCOLAS EN CUYES
(*Cavia porcellus*).**

Tesis presentada por el Bachiller en
Ciencias Agrarias: **ALVARO PUELLES
SALAS**, para optar al Título Profesional de
Ingeniero ZOOTECNISTA.

ASESORES:

Ing. Zoot. Juan E. Moscoso Muñoz. M.Sc.

Ing. Zoot. Gardenia Tupayachi Solórzano M.Sc.

CUSCO-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedicado a las personas más importantes de mi vida.

A mis queridos padres Paulina y Gregorio porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser y lo que seré.

A mi hermana Yuvi y esposo por su apoyo incondicional día a día.

A mi único y querido hermano Wilington por sus sabios consejos, por ser mí mejor ejemplo.

A mis hermanas: Marleny, Ennavel, Mary, Fidelia, Ana Lucero y Sonaliz por permitirme soñar y crecer con su imaginación. Gracias por confiar siempre en mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Zootecnia de la UNSAAC, en cuyas aulas los docentes me brindaron todo de sí para crecer en conocimientos.

A mis asesores: Al Ing. Zoot Juan Moscoso Muñoz, y a la Ing. Zoot Gardenia Tupayachi quienes me brindaron su colaboración permanente durante el transcurso de este trabajo de investigación.

Con mucho afecto a los amigos y compañeros del código 2011-I, Lizie Brigitte, Rosa, Richard, Vidal, Pedro Ponce, Luis Miguel y otros que me brindaron su afecto y estimación hacia mi persona y mencionarlos sería una extensa lista de nombres.

ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.2. Objetivos y Justificación.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Justificación	4
CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Fisiología digestiva del cuy	5
2.2. Necesidades nutritivas del cuy	6
2.2.1. Proteína.....	6
2.2.2. Fibra.....	7
2.2.3. Energía.....	8
2.2.4. Grasa.....	8
2.2.5. Agua	9
2.2.6. Vitaminas.....	9
2.2.7. Minerales.....	11
2.3. Análisis proximal o de Weende.....	12
2.3.1. Materia seca	13
2.3.2. Proteína cruda	13
2.3.3. Fibra cruda.....	14
2.3.4. Ceniza	14
2.3.5. Extracto etéreo	15
2.3.6. Extracto no nitrogenado.....	15
2.4. Análisis de Van Soest	15
2.4.1. Sistema Weende versus sistema Van Soest.....	16
2.5. Digestibilidad	16
2.5.1. Determinación de la digestibilidad.....	16

2.5.1.1.	Método directo	17
2.5.1.2.	Método indirecto	18
2.5.2.	Digestibilidad aparente y verdadera	18
2.5.3.	Factores que afectan la digestibilidad	19
2.5.3.1.	Factor alimento	19
2.5.3.2.	Factores del animal.....	19
2.5.3.3.	Actividad cecotrófica	20
2.5.3.4.	Factores del ambiente	21
2.5.3.5.	Otros factores	21
2.6.	Residuos agrícolas	21
2.6.1.	Importancia de los residuos de cosecha en la alimentación animal	22
2.7.	Aditivos en cuyes.....	23
2.7.1.	Enzimas.....	23
2.7.2.	Importancia de las enzimas exógenas en la alimentación animal.....	24
2.7.3.	Importancia de la suplementación de enzimas.....	25
2.7.4.	Enzimas fibrolíticas exógenas	26
2.7.5.	Complejo enzimático fibrolítico.....	27
CAPÍTULO III:	MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1.	Lugar del experimento	28
3.2.	Instalaciones y equipos.....	28
3.2.1.	Para fase de adaptación y experimentación	28
3.2.2.	Para laboratorio	28
3.3.	Animales experimentales.....	29
3.4.	Preparación de las raciones experimentales	29
3.4.1.	Alimento balanceado.....	29
3.4.2.	Complejo enzimático fibrolítico objeto de estudio	30

3.4.3.	Ingredientes a evaluar	32
3.5.	Tratamientos.....	33
3.6.	Metodología.....	33
3.6.1.	Periodo de adaptación.....	33
3.6.2.	Periodo experimental o de colección	34
3.6.3.	Suministro de alimento	34
3.6.4.	Análisis químico proximal	34
3.7.	Parámetros evaluados.....	37
3.7.1.	Consumo de alimento	37
3.7.2.	Cambios de peso de los animales.....	37
3.7.3.	Cálculo del coeficiente de digestibilidad	37
3.7.4.	Diseño estadístico	38
CAPITULO IV:	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1.	Consumo de alimento de los cuyes	39
4.1.1.	Consumo de materia seca (MS)	39
4.1.1.	Consumo de materia orgánica (MO)	41
4.1.2.	Consumo de proteína cruda (PC).....	42
4.2.	Determinación de coeficientes de digestibilidad	43
4.2.1.	Coeficiente de digestibilidad de materia seca (MS) y su fracción digerida.....	43
4.2.2.	Coeficiente de digestibilidad de materia orgánica (MO) y su fracción digerida	46
4.2.3.	Coeficientes de digestibilidad de proteína cruda (PC) y su fracción digerida	48
CAPÍTULO V:	CONCLUSIONES.....	51
CAPÍTULO VI:	RECOMENDACIONES.....	52
CAPÍTULO VII:	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.	Requerimientos nutricionales del cuy.....12
Tabla 2.	Tipo de enzimas alimenticias, sustrato y materia prima.....25
Tabla 3.	Composición química porcentual del alimento balanceado30
Tabla 4.	Dieta balanceada sin inclusión del complejo enzimático fibrolítico31
Tabla 5.	Dieta balanceada con inclusión del complejo enzimático fibrolítico31
Tabla 6.	Análisis proximal de los rastrojos de cosecha picados en base seca (%).....33
Tabla 7.	Consumo promedio de materia seca (g) de los tratamientos experimentales.....39
Tabla 8.	Consumo promedio de materia orgánica (g) de los tratamientos experimentales.....41
Tabla 9.	Consumo promedio de proteína cruda (g) de los tratamientos experimentales.....42
Tabla 10.	Valores de coeficientes de digestibilidad (%) y fracción digerida (g) promedio de materia seca por tratamiento.....44
Tabla 11.	Valores de coeficientes de digestibilidad (%) y fracción digerida (g) promedio de materia orgánica por tratamiento.....47
Tabla 12.	Valores de coeficientes de digestibilidad (%) y fracción digerida (g) promedio de proteína cruda por tratamiento.....49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración 1.	Distribución de cuyes en la jaula para la evaluación..... 29
Ilustración 2.	Picado y almacenamiento de rastrojos agrícolas (yacón, kiwicha y maíz)..... 32
Ilustración 3.	Preparación y molienda de muestras de heces y alimento 32
Ilustración 4.	Determinación de materia seca 35
Ilustración 5.	Determinación de proteína cruda 36
Ilustración 6.	Determinación de materia orgánica..... 37

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Peso inicial y final (g) de los cuyes evaluados con rastrojo de yacón	57
Anexo 2: Peso inicial y final (g) de los cuyes evaluados con rastrojo de kiwicha	58
Anexo 3: Peso inicial y final (g) de los cuyes evaluados con rastrojo de maíz	59
Anexo 4: Cantidad del alimento (rastrojo de yacón) ingerido y producción heces por cada cuy/día (base fresca).....	60
Anexo 5: Cantidad del alimento (rastrojo de kiwicha) ingerido y producción de heces por cada cuy/día (base fresca).....	63
Anexo 6: Cantidad del alimento (rastrojo de maíz) ingerido y producción de heces por cada cuy/día (base fresca).....	66
Anexo 7: Promedios de consumo de rastrojos de los 10 cuyes en base seca	69
Anexo 8: Cantidad de alimento (rastrojo de yacón) ingerido y coeficiente de digestibilidad aparente por cada cuy (base seca)	70
Anexo 9: Cantidad de alimento (rastrojo de kiwicha) ingerido y la coeficiente de digestibilidad aparente por cada cuy (base seca).....	72
Anexo 10: Cantidad de alimento (rastrojo de maíz) ingerido y la coeficiente de digestibilidad aparente por cada cuy (base seca)	74
Anexo 11: Análisis de varianza para consumo de materia seca	76

Anexo 12:	Análisis de varianza para consumo de materia orgánica.....	76
Anexo 13:	Análisis de varianza para consumo de proteína cruda.....	77
Anexo 14:	Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad de materia seca.....	77
Anexo 15:	Análisis de varianza para la fracción digerida de materia seca	78
Anexo 16:	Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad de materia orgánica	78
Anexo 17:	Análisis de varianza para la fracción digerida de materia orgánica	79
Anexo 18:	Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad de proteína cruda	79
Anexo 19:	Análisis de varianza para la fracción digerida de proteína cruda.....	80
Anexo 20:	Pruebas de Tukey para consumo y digestibilidad de rastrojos de cosecha (yacón, kiwicha y maíz).....	81

RESUMEN

El presente estudio titulado “**USO DE COMPLEJO MULTIENZIMÁTICO FIBROLÍTICO SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE RASTROJOS AGRÍCOLAS EN CUYES (*Cavia porcellus*)**” fue realizado en el Centro Agronómico de K´ayra de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a una altitud de 3238 m. Tuvo como objetivo determinar el consumo y digestibilidad de rastrojos de cosecha de yacón, kiwicha y maíz, suplementados con alimento balanceado y el uso o no del complejo enzimático fibrolítico en cuyes machos mejorados de tipo 1. El estudio tuvo una duración de 10 días de adaptación y 7 días de experimentación por cada etapa; se trabajó con 10 cuyes machos, con pesos promedios 950 g, distribuidos bajo un Diseño Completo al Azar, con 6 tratamientos y 5 unidades experimentales: T1 (rastrojo de yacón + alimento balanceado), T2 (rastrojo de yacón + alimento balanceado + enzima), T3 (rastrojo de kiwicha + alimento balanceado), T4 (rastrojo de kiwicha + alimento balanceado + enzima), T5 (rastrojo de kiwicha + alimento balanceado) y T6 (rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima). El mayor consumo fue el tratamiento T2 (rastrojo de yacón + alimento balanceado + enzima) con $51,11 \pm 6,17$ g de materia seca, $45,29 \pm 5,66$ g de materia orgánica y $5,70 \pm 0,33$ g de proteína cruda. El mayor coeficiente de digestibilidad se logró con el tratamiento T6 (rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima) con $77,55 \pm 6,73$ % de materia seca, $78,45 \pm 6,46$ % de materia orgánica, para la proteína cruda en el tratamiento T4 (rastrojo de kiwicha + alimento balanceado + enzima) con $59,07 \pm 18,66$ %. Finalmente, en la fracción digerida donde el mejor resultado obtenido fue el T4 (rastrojo de kiwicha + alimento balanceado + enzima) con $35,46 \pm 7,24$ g de materia seca digerida, $31,41 \pm 6,46$ g de materia orgánica digerida y $3,08 \pm 0,95$ g de proteína cruda digerida. En conclusión, la adición del complejo enzimático en el alimento balanceado mostro tener un efecto positivo sobre la digestibilidad y consumo de alimento.

Palabras claves: Cuy, *Cavia porcellus*, digestibilidad, enzimas y rastrojos de cosecha.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El elevado costo de los insumos alimenticios tradicionales, usados en la alimentación animal, ocasiona una baja rentabilidad en la actividad pecuaria, ya que los costos de alimentación, en animales monogástricos, representa entre el 60 y 75% del costo total de producción. Una de las alternativas para corregir esta limitante es el uso de recursos alimenticios regionales, tales como productos agrícolas, residuos de cosecha, subproductos agroindustriales y leguminosas forrajeras.

En la región Cusco en temporada de secas (mayo a septiembre) escasean los forrajes de buena calidad como la alfalfa, trébol y entre otros, elevándose su precio, por cuanto requieren de mano de obra adicional para el corte y en muchos de los casos del transporte hasta los centros de explotación, esta situación obliga la búsqueda de materias alimenticias que tengan un carácter alternativo a los alimentos tradicionales.

Por lo tanto, como resultado de la actividad agrícola existen diversos subproductos los cuales pueden ser aprovechados como fuente importante de alimento especialmente energéticos ya que tienen alto contenido de energía considerando que se encuentran disponibles especialmente los rastrojos de maíz, por este motivo, para cubrir la menor disponibilidad de forrajes, los productores hacen un mayor uso de los residuos de cosecha como son los rastrojos agrícolas en las épocas de sequía; sin embargo, estos residuos de cosecha son forrajes de baja calidad nutricional, que se caracterizan por ser pobres en nutrientes, pero a la vez estos rastrojos son una fuente de energía abundante y barata, por lo que se ha intentado mejorar su digestibilidad a través de procesos físicos, químicos y

biológicos o mediante aditivos, como cultivos microbianos y enzimas exógenas. Por lo tanto, la adición de enzimas fibrolíticas puede ser una alternativa para aprovechar los nutrientes potencialmente digestibles de estos rastrojos, de ahí el interés y la importancia de usar las enzimas en la alimentación de cuyes.

Considerando los aspectos citados, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la adición de un complejo enzimático fibrolítico sobre la digestibilidad de rastrojos de las cosechas agrícolas como de yacón, kiwicha y maíz en cuyes.

1.2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Determinar el consumo y digestibilidad de rastrojos de cosecha de yacón, kiwicha y maíz, suplementados con alimento balanceado y el uso o no del complejo enzimático fibrolítico en cuyes machos mejorados de tipo 1.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el consumo de los rastrojos de yacón, kiwicha y maíz.
2. Determinar la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína total de los rastrojos de yacón, kiwicha y maíz.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El adecuado manejo de residuos agrícolas es un factor importante para mejorar la alimentación de los animales domésticos, es por eso que, la investigación está orientada a aportar al conocimiento del aprovechamiento de rastrojos agrícolas en la alimentación de cuyes como fuente de fibra.

La producción de residuos de cosecha en la región Cusco es relativamente grande, pero en general el aprovechamiento no es el adecuado debido a las características nutricionales lo que limitan su utilización (alto contenido de fibra, baja proteína y bajo en nutrientes digestibles), siendo una buena parte de los residuos quemados en chacra, y sólo en pocos o algunos lugares es aprovechado como parte de la alimentación para el ganado vacuno, pero limitadamente en la alimentación de cuyes. Es por ello que, se requiere el desarrollo de tecnologías tendientes a mejorar su aprovechamiento por los animales, como es el caso de los cuyes, siendo una alternativa la utilización de complejos enzimáticos que permitan incrementar el valor nutricional de estos residuos; sin embargo, no se cuenta con información suficiente que permita establecer el nivel de aprovechamiento logrado con el empleo de estas enzimas.

Es así que, el primer paso en la valoración nutricional de cualquier ingrediente viene a ser el estudio de la digestibilidad, puesto que permite cuantificar la magnitud del aprovechamiento de los nutrientes, por ello en este estudio se planteó evaluar la digestibilidad de los residuos agrícolas con el empleo de enzimas exógenas, y determinar hasta qué punto su uso puede constituir una alternativa de mejora en la alimentación de cuyes.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fisiología digestiva del cuy

La fisiología digestiva estudia los mecanismos que se encargan de transferir nutrientes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente al medio interno, para luego ser conducidos por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo. Es un sistema complejo que comprende la ingestión, la digestión, el desplazamiento de los nutrientes a lo largo del tracto digestivo y su absorción (Chauca, 1993).

El cuy, es una especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia la digestión enzimática, su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración. Esta especie se caracteriza por que realiza cecotrófia para reutilizar el nitrógeno, lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína. El cuy está clasificado según su anatomía gastrointestinal como fermentador post-gástrico debido a los microorganismos que poseen a nivel del ciego. El movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado es rápido, no demora más de dos horas en llegar la mayor parte de la ingesta al ciego sin embargo el pasaje por el ciego es más lento pudiendo permanecer en el parcialmente por 48 horas. Se conoce que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, siendo en el ciego e intestino grueso donde se realiza la absorción de los ácidos grasos de cadenas cortas.

La absorción de los otros nutrientes se realiza en el estómago y en el intestino delgado, incluyendo los ácidos grasos de cadenas largas (Reid, 1948; citado por Gómez y Vergara, 1995).

La cecotrofia es un proceso digestivo poco estudiado; siendo una actividad que explica muchas respuestas contradictorias halladas en los diferentes estudios en pruebas de alimentación. El cuy realiza cecotrofia, produciendo dos tipos de pellets, uno rico en nitrógeno que es reutilizado (cecótrofo) y el otro es eliminado como heces; (Vergara, 1992). De ésta manera la ingestión de los cecótrofos permite aprovechar la proteína contenida en la célula de las bacterias presentes en el ciego, también permite reutilizar el nitrógeno proteico y no proteico que no alcanzó a ser digerido en el intestino delgado (Saravia, 1993). Todo ello ocurre en la porción proximal del colon, donde presenta un surco longitudinal entre los dos pliegues de la mucosa que actúa como un mecanismo de separación mediante el cual un líquido rico en bacterias, se concentra en el ciego y de este modo queda asegurado una elevada población de microorganismos para que se mantengan las fermentaciones del medio y al mismo tiempo aportan al animal proteína de origen bacteriano al consumir la materia cecal (Cheeke, 1995).

2.2. Necesidades nutritivas del cuy

El requerimiento nutritivo de los cuyes permite balancear raciones que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción. El requerimiento depende de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolla la crianza.

2.2.1. Proteína

Las proteínas constituyen el principal componente de la mayor parte de los tejidos, la formación de cada uno de ellos requiere de su aporte, dependiendo más de la calidad que de la cantidad que se ingiere. Existen aminoácidos esenciales que se deben suministrar a los monogástricos a través de diferentes insumos ya que no pueden ser sintetizados (Chauca, 1997).

La proteína es uno de los principales componentes de la mayoría de los tejidos del animal. Los tejidos para formarse requieren de un aporte proteico. Para el mantenimiento y formación se requiere proteínas. Las enzimas, hormonas y los anticuerpos tienen proteínas como estructura central, que controlan y regulan las reacciones químicas dentro del cuerpo. También las proteínas fibrosas juegan papel de protección estructural (por ejemplo, pelo y cascos). Finalmente, algunas proteínas tienen un valor nutritivo importante (proteína de leche y carne). NRC (1995), señala que el nivel debe ser de 18 % de proteína, para todos los cuyes, de una mezcla bien balanceada. Sin embargo, se recomienda elevar este nivel 2 % más para cuyes lactantes y 4 % más para cuyes gestantes.

2.2.2. Fibra

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes van de 15 al 18 %. Cuando se trata de alimentar a los cuyes como animal de laboratorio, donde solo reciben como alimento una dieta balanceada, ésta debe tener porcentajes altos de fibra. Este componente tiene importancia en la composición de las raciones no solo por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el pasaje del contenido alimenticio a través de tracto digestivo (Chauca, 1997).

El aporte de fibra está dado básicamente por el consumo de los forrajes que son fuente alimenticia esencial para los cuyes. El suministro de fibra de un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales reciben una alimentación mixta. Sin embargo, las raciones balanceadas recomendadas para cuyes deben contener un porcentaje de fibra no menor de 18 % (Chauca, 1997).

El cuy tiene una alta utilización de la fibra principalmente por la digestión microbiana realizada a nivel del ciego y colon, produciéndose ácidos grasos volátiles que podrían contribuir significativamente a satisfacer los requerimientos de energía de esta especie (Zúñiga y Quisiyupanqui, 1995).

2.2.3. Energía

Los carbohidratos, lípidos y proteínas proveen de energía al animal. Los más disponibles son los carbohidratos fibrosos y no fibrosos, contenido en los alimentos de origen vegetal. El consumo excesivo causa una deposición exagerada de grasa que en algunos casos puede perjudicar el desempeño reproductivo (Chauca, 1997).

Gómez y Vergara (1995), sugieren un nivel de energía digestible(ED) de 3,000 kcal por kilogramo (kg) de materia seca (MS) en cuyes.

2.2.4. Grasa

El cuy tiene un requerimiento bien definido de grasa o ácidos grasos no saturados. Su carencia produce un retardo en el crecimiento, además de dermatitis, úlceras en la piel, pobre crecimiento del pelo, así como caída del mismo. Esta sintomatología es susceptible de corregirse agregando grasa que contenga ácidos grasos insaturados o ácido linoleico en una cantidad de 4 g/kg de ración. El aceite de maíz a un nivel de 3 % permite un buen crecimiento sin dermatitis. En casos de deficiencias prolongadas se observa poco desarrollo de los testículos, bazo, vesícula biliar, así como, agrandamiento de riñones, hígado, suprarrenales y corazón. En casos extremos puede sobrevenir la muerte del animal. Estas deficiencias pueden prevenirse con la inclusión de grasa o ácidos grasos no saturados (Wagner y Manning, 1976; citado por Chauca, 1997).

2.2.5. Agua

El agua es el principal componente del cuerpo; indispensable para un crecimiento y desarrollo normal. Las fuentes de agua para los animales son: el agua asociada con el alimento (forraje fresco) que no es suficiente y el agua ofrecida para bebida. Por esta razón se debe proporcionar agua de bebida a los cuyes, especialmente si se dispone de poco forraje, si está muy maduro y/o seco. Los cuyes reproductores necesitan para vivir 100 cc de agua por día. La falta de agua en esta etapa puede provocar el canibalismo. Los animales necesitan 80 cc de agua en la etapa de crecimiento y los cuyes lactantes requieren de 30cc. El agua puede proporcionarse en platos de arcilla y diariamente se deben lavar y colocar agua limpia para evitar contaminación (Rico, 2003).

Zúñiga y Quisiyupanqui, (1995). Es recomendable proporcionarles agua a los cuyes, en cualquier tipo de explotación, ya con concentrados o con forrajes; por supuesto, más con concentrados y en forma *ad libitum*, ya que el cuy bebe lo que necesita. El mismo autor menciona que el consumo de agua está estrechamente relacionado al consumo de forraje verde, conocido es que el forraje en mención contiene agua.

2.2.6. Vitaminas

Las vitaminas son componentes orgánicos indispensables para la vida que se requiere en cantidades pequeñas. La ventaja de los cuyes es que el 80-90% de su alimentación está basada en forraje lo que disminuye la deficiencia de vitaminas (Martínez, 2005).

Generalmente, los forrajes aportan buenas cantidades de vitaminas liposolubles, tales como la A, D y E, por ello, en dietas mixtas de forraje y en concentrado es

conveniente garantizar su consumo para evitar deficiencias. La flora microbiana a nivel del ciego sintetiza las vitaminas del complejo B como la vitamina B12, u otras que el animal aprovecha en el proceso de cecotrofia. En la práctica es conveniente utilizar pre mezclas de vitaminas y minerales para incluirlas en niveles de 0.2 a 0.4 % del total de alimento, dependiendo de su concentración (Caycedo, 2000).

La vitamina C o vitamina antiescorbútica no es sintetizada por el organismo del animal debido a la deficiencia genética de la enzima L- gulonolactona oxidasa a partir de la glucosa. Por su propiedad química para oxidarse, es muy posible que actúe en la respiración celular como transportador de hidrógeno estando relacionado con la formación de colágeno que ayuda a mantener unidas las células de los tejidos, protege al organismo de sustancias tóxicas y regulan el ritmo del metabolismo en las células (Aliaga *et al.*, 2009).

El proporcionar forraje fresco al animal asegura una suficiente cantidad de vitamina C. El animal necesita 200mg/kg de dieta, constituyéndose en los pastos verdes, su falta produce serios problemas en crecimiento, parálisis de los miembros posteriores y en algunos casos puede causarles la muerte (Aliaga *et al.*, 2009).

Una dieta sin forraje verde tendría que compensarse con dietas granuladas que contengan vitamina C de 10 a 30 mg/animal/día. También se puede ofrecer la vitamina C o ácido ascórbico en forma de tabletas solubles o polvo cristalino, que puede ser añadido al agua de bebida de tal manera que se logre una concentración de 500 mg por litro preparado diariamente. El recipiente no debe ser de metal, sino de acero inoxidable; si se conoce que el agua es alcalina, se debe añadir un gramo de ácido cítrico por litro para prevenir la degradación del ácido ascórbico (Aliaga *et al.*, 2009).

2.2.7. Minerales

Los elementos minerales se encuentran en el cuerpo del animal cumpliendo varias funciones, tales como estructurales, fisiológicas, etc. La mayoría de los minerales esenciales se encuentran en cantidades suficientes en el forraje y concentrado. Otros deben ser añadidos en base a suplementos (Aliaga, 2009).

El animal debe ser capaz de retener las sales minerales, el cual depende de la edad, pues cuanto más joven sea el animal, mejor utiliza los minerales; a mayor edad menor retención sobre todo de calcio (Aliaga *et al.*, 2009).

Un desequilibrio de minerales en la dieta de los animales, ya sea por deficiencia o por exceso, reduce la producción por alteración de las funciones fisiológicas, lo cual ocasiona retraso en el crecimiento, aprovechamiento deficiente de nutrientes, trastornos de fertilidad y el estado sanitario en general. Las alteraciones por deficiencia extremas o por toxicidad pueden ocasionar mortandad (Aliaga *et al.*, 2009).

Algunos minerales son almacenados en los huesos, músculos y otros tejidos en caso de deficiencia cubran los requerimientos de mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción. La mayoría se encuentran en cantidades suficientes en el forraje y concentrado. Otros deben ser suministrados en base a suplementos (Aliaga *et al.*, 2009).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy

Nutrientes	Unidad	NRC(1995)*	UNDENAR(1995)**	Vergara(2008)**
Energía digestible	Mcal/kg	3,0	2,8-3,0	2,9
Fibra	%	15,0	8,0-17,0	12,0
Proteína	%	18,0	18,0-22,0	19,0
Lisina	%	0,8	0,8	0,9
Metionina	%	0,6	0,6	0,4
Met+Cist	%	-	-	0,8
Arginina	%	1,2	0,1	1,2
Treonina	%	0,6	0,6	0,6
Triptófano	%	0,2	1,1	0,2
Calcio	%	0,8	1,4	1,0
Fosforo	%	0,4	0,8	0,8
Sodio	%	0,2	0,5	0,5
Vitamina C	mg/100g	20,0	20,0	20,0

FUENTE: NRC (1995), Aliaga *et al.* (2009), Vergara (2008).

*Requerimientos mínimos establecidos en animales jóvenes para fines de laboratorio, cantidades adicionales pueden ser necesarias para cuyes en reproducción.

**Requerimientos calculados para animales en reproducción en etapa de gestación y lactación.

2.3. Análisis proximal o de Weende

El método propuesto y trabajado por Henneberg y Stohmann en Weende Alemania (1860), mencionado por Alcázar (1997), tiene las siguientes combinaciones orgánicas e inorgánicas que se describirán a continuación:

- Agua (humedad) o Materia seca (MS).
- Extracto Etéreo (EE)
- Proteína Cruda (PC)
- Ceniza (fracción inorgánica)
- Fibra Cruda (FC)
- Extracto no Nitrogenado- Extracto Libre de Nitrógeno (ENN ó ELN).

Mora (2002), señala que el análisis proximal se efectúa con un mínimo de tres submuestras:

A la primera, se le somete a calentamiento (100°C) por varias horas con el objeto de determinar su humedad (su complemento, que es la materia seca, se calcula

por diferencia). Posteriormente se incinera a 500 - 600°C para obtener, por diferencia, el contenido mineral (también denominado cenizas).

Una segunda submuestra se somete al análisis de proteína cruda (PC), que no es más que una determinación del nitrógeno total liberado por un proceso de digestión química, multiplicado por el factor de 6,25 (valor que se obtiene al asumir que, en promedio, 100 g de proteína contienen 16 g de nitrógeno).

La tercera submuestra se somete a una extracción con un solvente orgánico que arrastra el llamado extracto etéreo (EE), o grasa cruda y que comprende los aceites, las grasas y otros materiales liposolubles como los pigmentos. El material sobrante se expone a una digestión ácida seguida de una alcalina, quedando como remanente la llamada fibra cruda (FC).

Al restar de 100 lo previamente determinado o sea humedad, materia mineral, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda, se obtiene una diferencia a la que se denomina extracto libre de nitrógeno (ELN), y que abarca principalmente a los carbohidratos solubles (almidones, pectonas, etc.).

2.3.1. Materia seca

Alcázar (1997), indica que el análisis proximal de Weende, da una idea muy clara de las fracciones de un alimento una vez eliminada la humedad. Después de haber eliminado el agua mediante ciertas técnicas de secado, el residuo se denomina Materia Seca (MS). La importancia de determinar el contenido de materia seca radica en:

- Los nutrientes de alimento se miden porcentualmente en función al contenido de materia seca.
- Es importante en la determinación del valor nutritivo de los alimentos.

2.3.2. Proteína cruda

Las proteínas son nutrientes plásticos de gran importancia en la dieta animal, son sustancias orgánicas nitrogenadas compuestas por aminoácidos que es en esta forma como son asimilados por las vellosidades intestinales (De Alba, 1973). El mismo autor define el concepto de proteína total que incluye todas las materias nitrogenadas, si bien algunas no son estrictamente proteicas. Este es el hecho de multiplicar la cantidad de nitrógeno por el factor de 6,25, esto se fundamenta en que las proteínas tienen un promedio de 16% de nitrógeno.

2.3.3. Fibra cruda

Pond *et al.*, (2002), indican como fibra bruta al residuo que se obtiene después de la sucesiva ebullición del alimento con álcalis y ácidos diluidos, en base a una muestra sometida previamente a extracción con éter, disecada e incinerada, la diferencia de peso antes y después de quemar es la fracción de referencia.

La fibra cruda según Alcázar (1997), es un conjunto de compuestos químicos que no tienen un análisis común y corresponde a la fracción de carbohidratos que resisten al tratamiento ácido- básico. La fracción insoluble en ácidos y álcalis, se denomina Fibra Cruda y la fracción soluble corresponde al extracto libre de nitrógeno, sin embargo, algunos carbohidratos se encuentran en la fibra cruda. La fibra cruda está formada hemicelulosa y lignina, principalmente.

2.3.4. Ceniza

Los minerales son elementos en su forma más simple y cuyo peso se obtiene del residuo inorgánico resultado de someter a una muestra a una temperatura de 600°C, la importancia nutritiva dependerá en parte, del alimento que trate.

Maynard, *et al.* (1986), dicen que una determinación de éste tipo no revela los elementos específicos presentes, por tanto, se debe recurrir a métodos especiales

no solo para determinar la cantidad, sino también las diversas formas en que se encuentran los minerales.

2.3.5. Extracto etéreo

El extracto etéreo son componentes orgánicos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno en mínima cantidad que los carbohidratos y difieren considerablemente en su estructura y propiedades, son solubles con solventes orgánicos como el éter, cloroformo y benceno (Corine, 1984).

2.3.6. Extracto no nitrogenado

El extracto no nitrogenado como la fracción de hidratos de carbono solubles (almidón, polisacáridos), los que son arrastrados conjuntamente con otras sustancias durante la digestión ácida y alcalina en la determinación de fibra en el análisis de Weende (Briceños, 1978).

2.4. Análisis de Van Soest

La primera división de la materia seca es el sistema de los componentes de paredes celulares y el contenido celular, donde la primera representa en un sentido real de la fibra total de la planta que alcanzan valores mayores que la fibra cruda debido a que incluye el total de la lignina, celulosa, hemicelulosa. El contenido celular consta de proteína soluble, almidones, azúcares, grasas, minerales solubles, y otros considerados aprovechables por los monogástricos y rumiantes con un coeficiente de digestibilidad de 98%. En una segunda fase del método se logra cuantificar la hemicelulosa, lignina, celulosa y otros en forma individual (Briceños, 1978).

De Alba (1973), afirma que el sistema de componentes de paredes celulares es de gran importancia y utilidad de producción sobre el valor verdadero de los forrajes y muchos laboratorios en el mundo están utilizando este sistema.

2.4.1. Sistema Weende versus sistema Van Soest

Sistema más conocido de fraccionamiento químico de forrajes. El sistema analítico proximal de Weende consiste como se mencionó anteriormente en determinar las siguientes fracciones cuantitativas como son: humedad, proteína, fibra, grasa, ceniza y extracto no nitrogenado (Briceños, 1978).

El sistema Van soest (componente de paredes celulares), se resume en el contenido celular y los constituyentes de paredes celulares que a su vez pueden subdividirse en hemicelulosa, celulosa y lignina y otros minerales insolubles, por tanto, el sistema Weende está en uso por más de 100 años y es el más usado. El sistema Van soest es nuevo y probablemente el más evolucionado (Briceños, 1978).

2.5. Digestibilidad

La digestibilidad de los alimentos se define como la cantidad del alimento que no es excretado en las heces y que, por lo tanto, se considera que es absorbida por el animal; por consiguiente, se determina el coeficiente de digestibilidad, en materia seca como el porcentaje de la diferencia entre la cantidad de alimento consumido y la cantidad de alimento excretado en las heces fecales (McDonald *et al.*, 1999).

2.5.1. Determinación de la digestibilidad

Para realizar los ensayos de digestibilidad *in vivo* es factible escoger el método directo (convencional) e indirecto (por diferencia), en tanto para determinar el grado de digestibilidad de un alimento se pueden emplear diferentes pruebas, que

tienen por finalidad determinar la proporción de los nutrientes de una dieta o un alimento que son absorbidos en el conducto gastrointestinal según Pond *et al.* (2002).

2.5.1.1. Método directo

Este método se emplea cuando el alimento en estudio es el único componente de la dieta (Maynard *et al.*, 1986). Pueden determinarse mediante dos formas: por colección total o por el uso de un indicador.

Para este fin, Crampton y Harris (1974) recomiendan una prueba de digestibilidad de "Colección total de heces" donde el animal consuma una dieta del mismo tipo, por lo menos 14 días antes del periodo de adaptación (en rumiantes), el cual tendrá una duración mínima de 7 días, para que se eliminen los residuos de los alimentos anteriores a la iniciación de la prueba. En el periodo de adaptación el animal recibirá el alimento en estudio. Posteriormente se realizará un periodo de recolección de heces que durará 5 días. Resulta muy conveniente administrar las dietas siempre a la misma hora y se espera que las cantidades consumidas no cambien de un día para otro (McDonald *et al.*, 1999). Al respecto, Pond *et al.* (2002), indican que es necesario de un periodo de adaptación de 3 a 10 días para limpiar el conducto gastrointestinal de residuos de alimento ingeridos antes de la prueba y un periodo de recolección de heces de 4 a 10 días. Debido a que el tiempo preciso para que los alimentos atraviesen el tracto gastrointestinal es de 1 a 3 días en los animales monogástricos y de 5 a 10 días para los rumiantes. La variabilidad entre animales tiende a ser menor que en un ensayo de crecimiento típico. Por lo tanto, comúnmente es necesario de 4 a 6 animales por tratamiento para detectar diferencias entre dietas. Es esencial que las heces recogidas sean significativas, cuantitativamente, de los restos no digeridos de la cantidad

controlada de alimento consumido, y no incluyan heces procedentes de alguna ración anterior al experimento (Bondi, 1989).

2.5.1.2. Método indirecto

Llamado también método por diferencia, que a su vez puede emplearse la colección total o el uso de un indicador, es un procedimiento utilizado para alimentos que no pueden constituir la única fuente de nutrientes de la ración, por varias razones; por ser desbalanceado nutricionalmente, por producir efectos tóxicos o efectos adversos al animal (Crampton y Harris, 1974). Para la determinación de la digestibilidad por éste método es necesario realizar dos o más pruebas de digestión. En una primera prueba se administra una dieta basal y en una segunda prueba se administra la mezcla de la dieta basal y el alimento en estudio, determinándose en ambos casos la digestibilidad de sus nutrientes. La eliminación fecal se mide por el método de colección total en ambas pruebas. Se hace la suposición de que el nutriente de la dieta basal en ambas pruebas tiene el mismo porcentaje de digestibilidad. Así mismo, al determinarse la digestibilidad de la mezcla de la dieta basal con el alimento en estudio y conociendo la digestibilidad del alimento en estudio, por diferencia se obtiene la digestibilidad de alimento en estudio. Se admite que el nutriente fecal restante procede del alimento problema (Crampton y Harris, 1974).

2.5.2. Digestibilidad aparente y verdadera

Al determinar la digestibilidad, esta es considerada “Aparente” debido que los gases producidos durante la digestión, como el dióxido de carbono y el metano son disipados generando una pérdida parcial de energía contenida en el alimento. Además, una fracción de nutrientes que aparece en las heces proviene de fuentes endógenas, tales como las células de la mucosa intestinal, secreciones digestivas, bacterias vivas y muertas que aparecen en gran número en las heces

junto a los residuos indigestibles del alimento, también gran cantidad de la proteína de las heces no proviene del alimento; igualmente muchos de los carbohidratos de las heces no son otra cosa que los polisacáridos de origen bacteriano. Todo ello hace que la digestibilidad aparente sea una primera aproximación razonable del valor (Pond *et al.*, 2002). Dichas pérdidas son consideradas como parte de la porción digerible del alimento. La energía liberada en forma de gas y el calor producido en el sistema digestivo y metabólico va a depender del tipo de alimento y de la anatomía gastrointestinal del animal (Campos, 2007). Por otro lado, se denomina “Digestibilidad Verdadera” a la digestibilidad aparente menos los compuestos de origen metabólico o endógeno tales como compuestos nitrogenados, lípidos y minerales que se mezclan en las heces (Bondi, 1989). Además, la digestibilidad aparente de la proteína de un alimento está relacionado con el nivel de proteína que se encuentra en el mismo, es decir a mayor consumo proteico, la digestibilidad aparente será mayor, pero en términos de digestibilidad verdadera no muestra ninguna diferencia la determinación de la digestibilidad verdadera, pero es mucho más difícil estimar (Pond *et al.*, 2002).

2.5.3. Factores que afectan la digestibilidad

2.5.3.1. Factor alimento

La utilización de los alimentos puede ser manipulada mediante procesos como son el molido, el peletizado y el hojuelado, que en general aumentan la velocidad a la que pasa el alimento por el tracto gastrointestinal y aunque dicho efecto disminuye ligeramente la digestibilidad, esto se compensa con un mayor consumo de alimento que a su vez se refleja en una mejor respuesta animal (Mora, 2002).

2.5.3.2. Factores del animal

La especie animal es el otro factor importante que hace variar la digestibilidad. En general, los cerdos y las aves digieren más efectivamente aquellos alimentos con elevado contenido de proteína y almidón y con baja cantidad de fibra, mientras que los rumiantes tienen una gran capacidad de aprovechamiento de los alimentos fibrosos con bajo contenido proteico. Además de las diferencias entre especies, dentro de cada especie existen diversas etapas productivas que requieren de un manejo y una nutrición diferente. Por lo tanto, la digestibilidad de un mismo alimento puede variar, por ejemplo, de un novillo joven a toro viejo. Aunque existen diferencias entre individuos de una misma especie y entre etapas productivas, estas variaciones no se consideran de tanta importancia práctica como las que existen entre especies (Mora, 2002).

Para Moreno (1989), el cuy digiere con mayor eficacia la proteína de los alimentos energéticos y proteicos en comparación con los rumiantes debido a la fisiología digestiva por tener primero una digestión enzimática en el estómago y luego otra microbiana en el ciego y colon. Pero es menos eficiente para los alimentos fibrosos (forrajes) en comparación con los rumiantes. Al respecto, Esquerre *et al.* (1974), indican que los cuyes presentan una alta utilización de la fibra principalmente por la digestión microbiana realizada a nivel del ciego y colon produciendo ácidos grasos volátiles que podrían contribuir significativamente a satisfacer los requerimientos de energía.

2.5.3.3. Actividad cecotrófica

La cecotrofia es un proceso digestivo poco estudiado. Se sabe mediante que este proceso el cuy puede aprovechar las proteínas de las células bacterianas presentes en el ciego, así como la reutilización del nitrógeno proteico y no proteico que no ha sido digerido en el intestino delgado (Hidalgo *et al.*, 1995). La cecotrofia como mecanismo de excreción selectiva puede ocasionar variabilidad

en los valores de digestibilidad de la fibra y es posible que parte de esta puede retenerse en el ciego durante algún tiempo para ser luego eliminada (Cheeke, 1995).

2.5.3.4. Factores del ambiente

Se consideran la temperatura, humedad ambiental, ventilación e iluminación (Cañas, 1995).

2.5.3.5. Otros factores

Entre los que se cuenta aspectos como los errores experimentales de medición, digestibilidad asociada que puede ser sumativa, sinérgica o antagónica y la selectividad que hacen los animales de los alimentos (Cañas, 1995).

2.6. Residuos agrícolas

Los residuos de cosecha son los materiales que quedan después de recoger el producto principal del cultivo, constituyendo las pajas y los rastrojos un grupo importante dentro de los alimentos de baja calidad, conocidos como esquilmos, y son los residuos de la cosecha del grano de cereales, oleaginosas y leguminosas (Angeles *et al.*, 2002; citados por castellanos, 2015). Los residuos de cosecha poseen bajos niveles de nitrógeno (N₂), minerales, vitaminas y energía disponible. Así como también bajos niveles de calcio (Ca), proteína (<8%), nitrógeno (<1,3%), fósforo (<0,3%) y de baja digestibilidad (<50 %). Además, poseen baja tasa de pasaje con consumo voluntario limitado (Anderson, 1978).

En algunos países es impresionante el potencial que tienen los residuos de cosechas para la producción animal ya que al menos por cada kilogramo de grano producido queda en el campo la misma cantidad de forraje, pero el problema radica en que la planta al momento de la cosecha del grano es madura de tal manera que este esquilmo es muy fibroso (Klopfenstein, 1980).

De acuerdo a la clasificación internacional de alimentos, las pajas y rastrojos están comprendidos dentro de los forrajes toscos pertenecientes al primero de los ocho grupos, junto con la harina de alfalfa, heno de gramíneas y leguminosas, cascarillas de semillas, etc. Se caracterizan por su alto contenido de fibra mayor al 18 % (Pond *et al.*, 2002).

La característica general de los forrajes toscos son las de ser alimentos voluminosos, con poco peso por unidad de volumen, la mayoría de ellos presentan un alto contenido de material clasificado como paredes celulares compuestas por altas y variadas cantidades de celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice y son pobres en carbohidratos fácilmente utilizables, si se comparan con los granos (Van Soest, 1970; citado por Magaña, 1998). El contenido nutricional y digestibilidad de las pajas depende de la especie de forraje, grado de maduración, grado de deterioro y método de manejo. El mismo autor menciona que el valor nutritivo del rastrojo de maíz es mayor que la de otros esquilmos y el ganado puede ser introducido dentro de los cultivos después de la cosecha del grano para recoger el forraje o el rastrojo puede ser picado, molido o ensilado en forma similar al ensilaje de maíz.

2.6.1. Importancia de los residuos de cosecha en la alimentación animal

Los residuos de cosecha derivan en su mayor parte de cereales, siendo el cultivo de maíz el que contribuye con mayor cantidad de material, cuya utilización es una forma de hacer un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles (Arriaran, 1989).

Es importante conocer que los residuos de cosecha son disponibles después de que las plantas han llegado a su madurez fisiológica, esto es luego de la cosecha del grano y cuando el contenido de proteína y energía digestible de los tallos y

hojas son bajos. Por ello, para utilizar mejor la planta de maíz, la cosecha se debe llevar a cabo cuando la planta esté aún verde con un 60 a 65 % de humedad y para ser ensilada teniendo todavía nutrientes aprovechables (Klopfenstein *et al.*, 1987).

La disponibilidad de rastrojos como maíz y kiwicha para la alimentación de cuyes es relativamente abundante, sobre todo los rastrojos maíz, sin embargo, es limitado su utilización, gran parte de ellos se emplean para la alimentación de bovinos. Por último, los rastrojos de yacón tienen una menor frecuencia o nula utilización en la alimentación de animales como forraje debido a la disponibilidad y poca producción a demás muchos de ellos se encuentran alejados de sus granjas y los costos de recojo y transporte sería un inconveniente más para su utilización.

2.7. Aditivos en cuyes

Son sustancias que, en algunos casos, se adicionan a los alimentos. Son, además, fármacos y otros compuestos que no tienen valor nutritivo, pero benefician a la producción porque algunos controlan enfermedades, mejoran la utilización del alimento y la aceptación del producto final. (Aliaga *et al.*, 2009).

2.7.1. Enzimas

Las enzimas son proteínas que se producen en el interior de los organismos vivos y que están especializadas en favorecer o hacer posibles reacciones específicas del metabolismo. Su función principal es acelerar ciertas reacciones bioquímicas específicas que forman parte del proceso metabólico de las células, en ausencia de las enzimas las reacciones solo tendrían lugar muy lentamente o no se producirían en absoluto (Ravindran, 2010).

Las enzimas se pueden clasificar en tres grupos, según la función que desempeñan en el organismo (Eroski, 2003).

- **Digestivas:** permiten que el organismo aproveche eficazmente los nutrientes de los alimentos que conforman la dieta. Estas enzimas son secretadas a lo largo del tubo digestivo.
- **Metabólicas:** se producen en el interior de las células del cuerpo y contribuyen en la alimentación de sustancias de desecho y toxinas, intervienen en procesos de obtención de energía, la regeneración de las células y en el buen funcionamiento del sistema inmunológico.
- **Dietéticas o enzimas de los alimentos:** forman parte de la composición de alimentos crudos; la mayor parte de las enzimas se destruyen por la acción de calor, favorecen los procesos digestivos y el funcionamiento de las otras enzimas.
- Adicionalmente, las enzimas pueden ser clasificadas por su origen en endógenas y exógenas. Las enzimas endógenas son las producidas por los diferentes órganos propios del ser humano o del organismo animal, mientras que, las enzimas exógenas son suplementadas en el alimento, su origen es fúngico o bacteriano (Biovet, 2008).

2.7.2. Importancia de las enzimas exógenas en la alimentación animal

El uso de las enzimas como aditivos se ha hecho necesario debido a que el valor nutritivo potencial de las materias primas no es aprovechado completamente por la presencia de factores anti-nutritivos y la falta o insuficiencia de enzimas exógenas, que permitan la liberación de los nutrientes. La utilización de enzimas exógenas persigue la mejora de la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia de utilización de los mismos. La utilización global tiene a optimizar el rendimiento de los animales a través de mejoras en el consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia (Ravindran, 2010).

Entre las enzimas exógenas utilizadas en la alimentación animal se tiene a las carbohidrasas y proteasas. Las carbohidrasas (amilasas, β -glucanasas y xilinasas) son enzimas indicadas para mejorar la digestibilidad de los almidones y de la fracción PNA (polisacáridos no amiláceos) de los cereales. Las proteasas mejoran la digestibilidad de las proteínas (Biovet, 2008).

Tabla 2. Tipo de enzimas alimenticias, sustrato y materia prima

Enzima	Sustrato	Materia Prima
β -glucanasas xilinasas	β -glucanos arabinoxilanos	Cebada, avena y centeno Trigo, centeno, triticale, cebada, fibra vegetal
α -galactosidasas	Oligosacáridos	Harina de soja y leguminosas de grano
Fitasas	Ácido fítico	Todos los alimentos de origen vegetal
Proteasas	Proteínas	Todas las fuentes de proteína vegetal
Amilasas	Almidón	Granos de cereales y leguminosas
Lipasas	Lípidos	Suplementos lipídicos y lípidos
Manosas, celulosas, hemicelulasas y pectinasas	Pared celular (compuestos fibrosos)	Materia prima de origen vegetal

Fuente: Ravindran, 2010

2.7.3. Importancia de la suplementación de enzimas

Según Ceccantini, (2008). los beneficios de adicionar enzimas en la dieta son los siguientes: ruptura de las moléculas de factores anti-nutricionales: β -glucanos y arabinoxilanos (enlaces beta), aumento en la disponibilidad de nutrientes existentes, permiten que el organismo tenga más disposición de aminoácidos para la síntesis de otras proteínas, permiten cumplir con la restricción internacional de no usar antimicrobianos, aceleran las reacciones químicas que

tienen lugar durante la digestión y permiten al animal aprovechar en un 15-25 % más el alimento, refuerzan el sistema enzimático inmaduro de los animales jóvenes, las dietas con mayores cantidades de proteína bruta requieren una mayor capacidad enzimática por su total aprovechamiento, ayudan a digerir la fibra (polisacáridos no amiláceos), reduciendo la viscosidad del bolo alimenticio, incrementan la biodisponibilidad de los nutrientes, facilitan el ataque de las enzimas endógenas a los nutrientes, permiten utilizar mejor el valor energético de los cereales, lo que supone un ahorro económico, reducen la excreción o las pérdidas de ciertos compuestos, como el fósforo o el nitrógeno, y su liberación al medio ambiente, por tanto, disminuye el impacto ambiental de las explotaciones, reducen la humedad de la cama, producida por la alimentación con cebada, avena y trigo.

2.7.4. Enzimas fibrolíticas exógenas

Las enzimas son proteínas globulares que catalizan reacciones químicas específicas en sistemas biológicos. Las enzimas digestivas están involucradas en la transformación de macromoléculas complejas (celulosa, hemicelulosa, almidones, proteínas, etc.) presentes en las dietas, en moléculas más simples (azúcares, péptidos, aminoácidos, etc.) y son esenciales para el animal, ya que las macromoléculas no se absorben directamente en el tracto digestivo a menos que sean degradadas a moléculas más simples (Kung, 2001).

El mecanismo de acción de las enzimas fibrolíticas exógenas es a través del hidrólisis de algunos componentes de las plantas que impiden la digestión, incrementando por tanto el valor nutritivo de la ración. Por ejemplo, la celulosa es hidrolizada a través de un proceso complejo que involucra la acción de diferentes celulasas, incluyendo endoglucanasas, exoglucanasas y β -glucosidasas. En general, las endoglucanasas hidrolizan las cadenas de celulosa aleatoriamente

para producir oligómeros de celulosa de varios grados de polimerización; las exoglucanasas hidrolizan la cadena de celulosa desde el lado no reducido produciendo celobiosa y las β -glucosidasas hidrolizan las cadenas cortas de celulosa y la celobiosa hasta glucosa (Beauchemin y cols., 2003).

En la última década las enzimas se han establecido como un aditivo estándar en la industria de la alimentación animal. El uso de las enzimas fibrolíticas exógenas en el alimento de los animales aumenta la utilización de todos los constituyentes del alimento y hace posible el uso de ingredientes de menor calidad (Cortés y colaboradores, 2002). Esto por supuesto, se traduce en costos menores de alimentos y utilidades más altas. Esto es necesario no solamente por motivos de control internos de calidad sino además de seguridad hacia el cliente de que está recibiendo lo que se le ofrece al precio adecuado (Spring y colaboradores., 1999).

2.7.5. Complejo enzimático fibrolítico

El complejo enzimático fibrolítico no es de tipo comercial apenas existe información concluyente sobre su modo de acción y sobre las condiciones productivas en las que estos compuestos pueden ser efectivos.

Este complejo está compuesto por; semilla de algodón, cascara de girasol, parrilla de algodón, arroz o maíz, azúcar, premix, levadura y urea, el nivel de uso recomendado es de 0.45 % por cada mil kilogramos de pre-mezcla en vacunos.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del experimento

El trabajo experimental y el análisis químico del alimento y heces, se realizó en el Centro Agronómico de K'ayra de la Facultad de Ciencias Agrarias ubicado en el distrito de San Jerónimo del departamento de Cusco, a una altitud de 3238 m. Con una temperatura promedio anual de 15°C.

3.2. Instalaciones y equipos

Se utilizaron jaulas metabólicas de metal con un área de (60 cm de largo x 60 cm de ancho y 45 cm de altura), con piso de malla de acero, se incorporaron comederos de arcilla y los bebederos de botellas descartables, además contó con una bandeja ubicada por debajo de la misma jaula para la caída y colección de heces (Ilustración 1).

3.2.1. Para fase de adaptación y experimentación

- Comederos (10)
- Bebederos (10)
- Bolsas de papel para recolección de heces
- Cámara fotográfica
- Registros
- Balanza electrónica digital (1 g de sensibilidad)

3.2.2. Para laboratorio

- Guantes desechables
- Gorras y barbijos
- Balanza de precisión
- Mufla

- Crisololes
- Estufa

3.3. Animales experimentales

Se utilizaron 10 cuyes machos mejorados Tipo 1 procedente de una granja comercial del distrito de Chinchero, provincia de Urubamba con un peso promedio de 950 g, los mismos que fueron ubicados en las jaulas metabólicas individuales.

Ilustración 1. Distribución de cuyes en la jaula para la evaluación



3.4. Preparación de las raciones experimentales

3.4.1. Alimento balanceado

Se formuló dos tipos de alimento balanceado sin y con inclusión del complejo enzimático. La preparación del alimento balanceado se realizó de acuerdo a las recomendaciones de la NRC y de acuerdo a la etapa de crianza (reproducción de cuyes) (Tabla 3).

Tabla 3. Composición química porcentual del alimento balanceado

Nutrientes	Contenido nutricional
Materia seca (%)	89,380
Proteína (%)	16,670
Extracto etéreo (%)	4,750
Fibra cruda (%)	6,960
Extracto libre de nitrógeno (%)	54,740
Cenizas (%)	6,430
Energía metabolizable (Mcal)	2,550
Lisina (%)	0,820
Arginina (%)	1,130
Metionina (%)	0,400
Metionina-cisteína (%)	0,690
Fosforo disponible (%)	0,390
Calcio (%)	0,980
Sodio (%)	0,230
Potasio (%)	0,460
Cloro (%)	0,200
N+K-Cl	157,440

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Complejo enzimático fibrolítico objeto de estudio

El complejo enzimático fibrolítico no es de tipo comercial, cabe indicar que este complejo está en proceso de desarrollo y es por ello, apenas existe información concluyente sobre su modo de acción y sobre las condiciones productivas en las que estos compuestos pueden ser efectivos.

Tabla 4. Dieta balanceada sin inclusión del complejo enzimático fibrolítico

Ingredientes	Formula (kg)
Grano de maíz amarillo duro	19,742
Harina de soya	8,422
Afrecho de trigo	18,882
Aceite	1,000
Carbonato de Ca	0,775
Fosfato dicálcico	0,689
Sal	0,150
DI-Metionina	0,073
Lisina	0,020
Bicarbonato de sodio	0,100
Premix	0,075
Colina	0,050
Material inerte (arena fina)	0,023

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Dieta balanceada con inclusión del complejo enzimático fibrolítico

Ingredientes	Formula (kg)
Grano de maíz amarillo duro	19,742
Harina de soya	8,422
Afrecho de trigo	18,882
Aceite	1,000
Carbonato de Ca	0,775
Fosfato dicálcico	0,689
Sal	0,150
DI-Metionina	0,073
Lisina	0,020
Bicarbonato de sodio	0,100
Premix	0,075
Colina	0,050
Complejo enzimático	0,023

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Ingredientes a evaluar

Los rastrojos a evaluar fueron: rastrojos de yacón, kiwicha y maíz a los cuales se realizó el análisis químico proximal, los rastrojos fueron recolectados después de la cosecha en el Centro Agronómico K´ayra el año 2018, posteriormente se sometió al picado en tamaños de 2 cm a 3 cm, para luego almacenar y suministrar a los cuyes en experimentación (ilustración 2).

Ilustración 2. Picado y almacenamiento de rastrojos agrícolas (yacón, kiwicha y maíz)



Ilustración 3. Preparación y molienda de muestras de heces y alimento



Tabla 6. Análisis proximal de los rastrojos de cosecha picados en base seca (%)

Detalle	Yacón	Kiwicha	Maíz	Laboratorio
Humedad	17,74	19,25	20,09	Laboratorio de Ciencia de la Producción Animal y Cambio Climático Granja K´Ayra (2018).
Materia Orgánica	75,42	72,51	71,51	
Proteína Cruda	8,63	6,56	5,50	
Extracto Etereo	3,00	4,00	3,00	Laboratorio de Ciencias Naturales: Agua, Suelos, Minerales y Medio Ambiente. MC QUIMICALAB. (2018).
Fibra Cruda	32,00	20,00	38,00	
Extracto libre de N	31,79	41,95	25,01	

3.5. Tratamientos

T1: Rastrojo de yacón + alimento balanceado

T2: Rastrojo de yacón + alimento balanceado + complejo enzimático

T3: Rastrojo de kiwicha+ alimento balanceado

T4: Rastrojo de kiwicha+ alimento balanceado + complejo enzimático

T5: Rastrojo de maíz+ alimento balanceado

T6: Rastrojo de maíz+ alimento balanceado + complejo enzimático

3.6. Metodología

3.6.1. Periodo de adaptación

Este periodo tuvo una duración de 10 días para cada etapa (10 días para rastrojo de yacón, kiwicha y maíz), en el cual los cuyes fueron distribuidos en jaulas metabólicas para su adaptación a las nuevas condiciones de manejo y alimentación. En este periodo se suministró a los cuyes la dieta que venían consumiendo (alfalfa), para luego de manera progresiva adicionar la nueva dieta materia de estudio y lograr de ese modo una adaptación, la misma que culminó cuando los cuyes mostraron un consumo diario uniforme. Este periodo es bastante importante porque favorece la remoción total de los residuos no

digeridos de alimento en el tracto digestivo; así mismo sirve de base para el periodo experimental

3.6.2. Periodo experimental o de colección

Tuvo una duración de 7 días para cada etapa (7 días para rastrojo de yacón, kiwicha y maíz), se procedió a controlar el consumo diario del alimento suministrado, así como la colección total de heces (35 muestras por cada tratamiento durante los siete días de experimentación), para ello se utilizó una bandeja colocada debajo de la jaula y luego proceder a pesarlas en una balanza electrónica con un gramo de sensibilidad (previamente se hizo la limpieza de heces, para evitar contaminación con el alimento) para luego guardados en un ambiente libre de contaminación en bolsas de papel para su posterior análisis químico. Finalizando el periodo de colección las muestras de heces de cada animal fueron llevadas al laboratorio y previamente refrigerado se llevó a la estufa (65C°/54 horas) para su posterior molienda y análisis químico.

3.6.3. Suministro de alimento

Todos los tratamientos fueron conducidos siguiendo el mismo sistema de alimentación, todas las mañanas los animales fueron alimentados *ad libitum*, en el periodo de adaptación y en el periodo experimental, se suministró 20 g de balanceado diariamente más rastrojo *ad libitum* en el mismo horario (9 am) al igual que el agua donde se adicionó una fuente de vitamina C.

3.6.4. Análisis químico proximal

Las muestras de rastrojos y heces pre-secadas fueron analizadas en cuanto a su composición química como:

Materia seca: Para determinar la materia seca de las muestras de heces y alimento (rastros) fueron previamente, picadas y molidas seguidamente pesadas en una balanza de precisión para luego ser sometidos a la Estufa de 65°C, así como también en el analizador de humedad de 105°C.

Ilustración 4. Determinación de materia seca



Proteína cruda: El método de combustión Dumas es un método completo que sirve para determinar el contenido total de nitrógeno en una matriz habitualmente orgánica. La muestra se combustiona a una temperatura alta en presencia de oxígeno. A través de subsiguientes tubos de oxidación y reducción, el nitrógeno se convierte cuantitativamente en N_2 . El resto de los productos volátiles de la combustión se aíslan o se separan. Un detector de conductividad térmica mide el gas nitrógeno. Los resultados se indican en forma de porcentaje o en mg de nitrógeno, que se puede convertir en proteínas mediante el uso de factores de conversión. El método Dumas tiene la ventaja de ser fácil de utilizar y estar automatizado. También es considerablemente más rápido que el método Kjeldahl: cada medición tarda unos minutos, en contraposición con la hora o más del método Kjeldahl. Asimismo, no utiliza productos químicos tóxicos ni perjudiciales

ni catalizadores. El método Kjeldahl emplea ácido sulfúrico concentrado y un catalizador para la digestión de las muestras. Cuando se prohibió el uso de mercurio y cadmio en el laboratorio en la mayoría de los países durante la década de los 90, muchos laboratorios evaluaron el método Dumas como una alternativa y se han realizado numerosos estudios comparativos (Foss, 2017). Siendo el procedimiento el siguiente:

Primero se toma el papel de aluminio y se coloca en el preparador de muestra, luego se coloca en la balanza y se procede a tarar, acto seguido se procede con la colocación de la muestra, el cual se coloca un peso patrón no superior a los 2 mg, seguidamente se retira de la balanza y se coloca nuevamente en el preparador de muestra, para luego hacer la capsula, finalmente se retira la muestra capsulada para pasarla al carrusel (ilustración 5).

Ilustración 5. Determinación de proteína cruda



Materia orgánica: Para la determinación de materia orgánica, las muestras fueron sometidos a incineración en una Mufla con temperatura de 600°C por 24horas (ilustración 6).

Ilustración 6. Determinación de materia orgánica



3.7. Parámetros evaluados

3.7.1. Consumo de alimento

Se tomaron datos del consumo de alimento diario mediante la siguiente formula:

Consumo de alimento = alimento ofrecido – alimento residual

3.7.2. Cambios de peso de los animales

Los animales fueron pesados al inicio y al final del periodo experimental, se colocó el cambio del peso vivo (P.V) durante el estudio.

Cambio de P. V = Peso final – Peso inicial

P.V: Peso vivo

3.7.3. Cálculo del coeficiente de digestibilidad

Para determinar el coeficiente de digestibilidad en base al resultado obtenido en la prueba de consumo y recolección de heces y en los análisis proximales respectivos de los rastrojos y heces. Se determinó el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de los nutrientes, aplicando el método directo para los rastrojos, mediante las formulas descritas por Crapton y Harris (1974).

Los cálculos de digestibilidad se realizaron en base seca

Método directo:

$$CDA (\%) = \frac{\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente en las heces (g)}}{\text{Nutriente ingerido (g)}} \times 100$$

CDA: Coeficiente de digestibilidad aparente

3.7.4. Diseño estadístico

Para el presente trabajo se planteó un diseño factorial completamente al azar, siendo los factores tipo de rastrojo (T) y uso de enzima (E) con 6 tratamientos y 5 unidades experimentales por tratamiento. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Tukey con una probabilidad de 5%.

Para lo cual se ha hecho el uso del programa estadístico INFOSTAT

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + (TE)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = La k-ésima observación de la utilización de la enzima.

μ = Media general de las observaciones.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (tipo de rastrojo) a estimar a partir de los datos experimentales.

E_j = Efecto del j-ésimo tratamiento (uso de enzima) a estimar a partir de los datos experimentales.

$(TE)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el tipo de rastrojo y enzima.

ϵ_{ijk} = Error aleatorio.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Consumo de alimento de los cuyes

4.1.1. Consumo de materia seca (MS)

Al análisis de los resultados (Tabla 7), para consumo de materia seca es variable, donde se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) siendo mayor el consumo observado en el tratamiento T2 con $51,11 \pm 6,17$ g de materia seca, frente a los otros tratamientos, en todos los casos el uso del complejo enzimático determinó una mejora en el consumo del alimento.

Tabla 7. Consumo promedio de materia seca (g) de los tratamientos experimentales

Tratamiento	Materia seca
T2	$51,11 \pm 6,17^c$
T4	$46,65 \pm 7,16^b$
T1	$45,61 \pm 5,39^b$
T6	$44,51 \pm 5,39^{ab}$
T5	$43,65 \pm 5,47^{ab}$
T3	$40,25 \pm 6,18^a$

T1: Rastrojo de yacón +alimento balanceado; T2: rastrojo de yacón + alimento balanceado +enzima; T3: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado; T4: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado + enzima; T5: rastrojo de maíz +alimento balanceado; T6: rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima. abc: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% prueba de Tukey.

Los resultados obtenidos indican, que el rastrojo de yacón demuestra ser más aceptable con respecto a los demás rastrojos evaluados, lo cual se puede atribuirse a la proporción de hojas, donde se evidenció la presencia de gran cantidad de hojas al momento de suministrar como alimento a los cuyes, por lo

tanto hace más provecho el animal, los cuales van compuestas por el tallo primario, secundarios y pedúnculo; se sabe que los cuyes prefieren consumir las hojas antes que los tallos o forraje verde en lugar de forraje seco, es decir, la disponibilidad de hojas será importante para conservar el buen consumo de forraje ya que al disminuir la disponibilidad de esta, declina el consumo. Además, Este insumo presenta bajo contenido de fibra en comparación con rastrojo de maíz que permite al cuy tener una buena digestión enzimática y fermentativa.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a lo reportado por Jara (2017), quien obtuvo valores de $46,0 \pm 0,8$; $46,2 \pm 0,8$ y $46,2 \pm 0,5$ g de consumo de MS/día al evaluar cuatro dietas con inclusión de braza (rastrojo) de quinua con niveles de 10, 20 y 30 % respectivamente, indicando que las dietas evaluadas de braza de quinua son aceptadas en los tres niveles de inclusión, tan similares como con la dieta basal, evidenciando su posibilidad de uso en la alimentación de cuyes como ingrediente de volumen. Los valores de este autor se acercan al consumo de materia seca del T4 del presente estudio.

En tanto, el resultado observado en el T2 del presente estudio, es relativamente inferior a los reportados por Mamani (2017), quien obtuvo valores de $52,36 \pm 0,02$; $52,52 \pm 0,13$; $51,94 \pm 0,06$ y $52,61 \pm 0,9$ g de consumo de MS/día con broza (rastrojo) de cañihua con 0 %, 1 %, 2 % y 3 % de pecutrin respectivamente.

Estas diferencias son probablemente a factores del alimento, como el tamaño de partícula en donde se evidenció que los rastrojos evaluados en la presente investigación no se tomaron en cuenta el tamaño de picado.

Así mismo Cárdenas (2016), observó el consumo voluntario de $63,89 \pm 4,63$ g de materia seca del heno de "sunchu", en la alimentación de cuyes, el cual es superior al mejor resultado del presente estudio.

4.1.1. Consumo de materia orgánica (MO)

Al análisis de los resultados (Tabla 8), para consumo de materia orgánica es variable, puesto que se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) siendo mayor el consumo observado en el tratamiento T2 con $45,29 \pm 5,66$ g de materia orgánica frente a los otros tratamientos, en tanto menores consumos se observan en los otros tratamientos.

Tabla 8. Consumo promedio de materia orgánica (g) de los tratamientos experimentales

Tratamiento	Materia orgánica
T2	$45,29 \pm 5,66^c$
T4	$40,61 \pm 6,43^b$
T1	$40,25 \pm 4,94^b$
T6	$38,65 \pm 5,72^{ab}$
T5	$37,89 \pm 4,89^{ab}$
T3	$34,91 \pm 5,55^a$

T1: Rastrojo de yacón +alimento balanceado; T2: rastrojo de yacón + alimento balanceado +enzima; T3: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado; T4: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado + enzima; T5: rastrojo de maíz +alimento balanceado; T6: rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima. abc: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% prueba de Tukey.

Los resultados obtenidos indican, el consumo de materia orgánica demuestra la misma tendencia con respecto al consumo de materia seca, se sabe que los nutrientes del alimento se miden porcentualmente en función de materia seca; en ese contexto, el rastrojo de yacón es superior con respecto a los demás rastrojos evaluados.

Los resultados obtenidos de todos los tratamientos evaluados, son inferiores a lo reportado por Cárdenas (2016), quien obtuvo $57,17 \pm 4,14$ g de consumo de

Materia orgánica, al evaluar el consumo voluntario del heno de “sunchu” en la alimentación de cuyes, la diferencia se puede atribuirse al contenido de fibra. Al respecto Ancco (2016), afirma que el contenido de fibra de “sunchu” es de 11,78 a 15,21 % siendo inferior con los rastrojos evaluados de yacón, kiwicha y maíz.

4.1.2. Consumo de proteína cruda (PC)

Al análisis de los resultados (Tabla 9), para el consumo de proteína cruda, se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para los rastrojos de yacón, kiwicha y maíz ($p < 0,05$). Sin embargo, los tratamientos con la inclusión del complejo enzimático no mostraron diferencia estadística con respecto a los tratamientos sin la inclusión del complejo enzimático (anexo 20), los mejores porcentajes de digestibilidad de proteína cruda se aprecian en los tratamientos T2 y T1 con $5,70 \pm 0,33$ g y $5,69 \pm 0,48$ g de consumo respectivamente, en tanto menores consumos se observan en los otros tratamientos.

Tabla 9. Consumo promedio de proteína cruda (g) de los tratamientos experimentales

Tratamiento	Proteína cruda
T2	$5,70 \pm 0,33$ ^b
T1	$5,69 \pm 0,48$ ^b
T4	$5,30 \pm 0,57$ ^{ab}
T3	$4,97 \pm 0,38$ ^a
T6	$4,83 \pm 0,40$ ^a
T5	$4,76 \pm 0,41$ ^a

T1: Rastrojo de yacón +alimento balanceado; T2: rastrojo de yacón + alimento balanceado +enzima; T3: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado; T4: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado + enzima; T5: rastrojo de maíz +alimento balanceado; T6: rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima. ab: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% prueba de Tukey.

Los resultados obtenidos en cuanto al consumo de proteína cruda demuestran una tendencia similar con respecto al consumo de materia seca, siendo el rastrojo de yacón superior a los demás rastrojos evaluados.

Mamani (2017), obtuvo valores de $6,10 \pm 0,00$; $6,27 \pm 0,02$; $6,17 \pm 0,01$ y $6,40 \pm 0,01$ g de consumo de PC/día con broza (rastrojo) de cañihua con 0 %, 1 %, 2 % y 3 % de inclusión de pecutrin respectivamente, siendo superiores en comparación con los resultados obtenidos del presente estudio.

Del mismo modo, Cárdenas (2016) reportó $8,51 \pm 0,62$ g de consumo de proteína cruda, al evaluar el consumo voluntario del heno de “sunchu” en la alimentación de cuyes, el cual es superior a los tratamientos del presente estudio.

4.2. Determinación de coeficientes de digestibilidad

4.2.1. Coeficiente de digestibilidad de materia seca (MS) y su fracción digerida

Al análisis de resultados (Tabla 10), para el coeficiente de digestibilidad y la fracción digerida de materia seca, se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (anexo 14 y 15) para los rastrojos evaluados ($p < 0,05$), siendo superior el tratamiento T4 y T6 con 75,27 % y 77,55 % de digestibilidad respectivamente, lo que indica que entre los rastrojos evaluados hubo efectos del complejo enzimático sobre el coeficiente de digestibilidad de materia seca y por lo tanto para la fracción digerida, en tanto menores porcentajes de digestibilidad se observan en los otros tratamientos.

Tabla 10. Valores de coeficientes de digestibilidad (%) y fracción digerida (g) promedio de materia seca por tratamiento

Tratamiento	Materia seca	Fracción digerida
T6	77,55 ± 6,73 ^e	34,69 ± 6,72 ^{cd}
T4	75,27 ± 8,47 ^{de}	35,46 ± 7,24 ^d
T5	70,72 ± 9,07 ^{cd}	30,95 ± 5,95 ^{bc}
T3	65,13 ± 8,32 ^{bc}	26,17 ± 4,79 ^a
T2	62,92 ± 7,89 ^{ab}	32,29 ± 6,14 ^{cd}
T1	58,69 ± 6,32 ^a	26,90 ± 4,89 ^{ab}

T1: Rastrojo de yacón +alimento balanceado; T2: rastrojo de yacón + alimento balanceado +enzima; T3: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado; T4: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado + enzima; T5: rastrojo de maíz +alimento balanceado; T6: rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima. abcd: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% prueba de tukey.

Los resultados obtenidos indican, cuando se les añade el complejo enzimático, este mejora notablemente el coeficiente de digestibilidad de los rastrojos; según Ceccantini (2008) indica, al adicionar las enzimas a la dieta los beneficios que se espera es la ruptura de las moléculas de factores anti-nutricionales (enlaces beta), lo cual permite un aumento en la disponibilidad de los nutrientes existentes, como se evidencia tal cual en los rastrojos de maíz y kiwicha donde demuestran que son más digestibles.

En comparación con la digestibilidad de materia seca de forrajes verdes, estos resultados varían considerablemente debido a que, los rastrojos presentan un alto contenido de fibra, como es el caso de rastrojo de yacón, kiwicha y maíz, los cuales llegan a superar los 20 % de fibra respectivamente, lo que implica a mayores porcentaje de fibra se tienen una menor porcentaje de digestibilidad, esto es corroborado por McDonal *et al.*, (2002), quienes mencionan que la

digestibilidad de los alimentos guardan estrecha relación con la composición química sobre todo la fracción fibra de los alimentos que es la que más afecta a su digestibilidad, siendo importante tanto la cantidad y calidad de la fibra.

Mora (2002) indica, la digestibilidad varía de acuerdo a factores propios del alimento y por efecto de los animales que lo consumen, donde los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de madurez el principal causante de dicha variabilidad.

Estos resultados son relativamente más altos que los reportados por Delgado *et al.*, (2014), quienes determinaron la digestibilidad *in situ* de la materia seca del cogollo de caña de azúcar con dos complejos enzimáticos comerciales (Allzyme vegpro y Robavio Excel) obteniendo valores de digestibilidad de 55,6 % y 54,92 % respectivamente, el bajo porcentaje de digestibilidad se debió probablemente al efecto del complejo enzimático, demostrando que no todas las enzimas resultan igualmente efectivas, aún más cuando el contenido de fibra es alto y el tipo de sustrato cambia.

Mamani (2017), obtuvo valores de $59,42 \pm 0,42$; $60,78 \pm 1,53$; $60,94 \pm 01,09$ y $60,34 \pm 0,43$ % de digestibilidad de materia seca, al evaluar broza (rastrojo) de cañihua con 0 %, 1 %, 2 % y 3 % de inclusión de pecutrin respectivamente, siendo inferiores con relación a los tratamientos del presente estudio a excepción tratamiento T1, las diferencias se deben probablemente al aditivo utilizado en el presente estudio, cabe mencionar que en el trabajo del autor en mención no utilizó algún tipo de aditivo para mejorar la digestibilidad.

En tanto Castro *et al.*, (2017), reportaron la digestibilidad de la materia seca de la totora (*Scirpus californicus*) en cuyes con tratamiento alcalino (NaOH) en tres niveles de 1 %, 2 % y 3 % fueron de 65,27 %; 69,88 % y 70,85 % de materia seca

respectivamente, los cuales son similares a los tratamientos T3 y T5 del presente estudio.

A si también Jiménez (2007), reportó la digestibilidad de materia seca en ovinos alimentados con rastrojos de maíz con diferentes tamaños de partícula de 1 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm tratado con urea fue de 64,1 %; 66,5 %; 62,2 % y 65,4 % respectivamente, siendo inferiores a los resultados de rastrojo de maíz en los tratamientos T5 y T6 del presente estudio. Las diferencias de digestibilidad se deben a factores de la especie animal por el tipo de aparato digestivo, capacidad de digestión y utilización de los alimentos.

Magaña (1998), reportó la digestibilidad en *vitro* de materia seca de rastrojo maíz picado y tratado con amoníaco (NH₃) fue de 71,50 %; siendo inferior al tratamiento T6 donde se evaluó el rastrojo de maíz con inclusión del complejo enzimático en el presente estudio.

4.2.2. Coeficiente de digestibilidad de materia orgánica (MO) y su fracción digerida

Al análisis de resultados (cuadro 11), para el coeficiente de digestibilidad y la fracción digerida de materia orgánica, se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (anexo 16 y 17) para los rastrojos evaluados ($p < 0,05$), siendo superior el rastrojo de maíz en el tratamiento T6 con 78,45 % seguido por el rastrojo de kiwicha en el tratamiento T4 con 76,44 % de digestibilidad, en los cuales se añadió complejo enzimático al alimento balanceado, lo que indica que, entre los rastrojos hubo efectos del complejo enzimático sobre el coeficiente de digestibilidad de materia orgánica y por lo tanto para la fracción digerida, se observa también mejor resultado sin la inclusión del complejo enzimático en el tratamiento T5, en tanto hay menores porcentajes de digestibilidad en los otros tratamientos.

Tabla 11. Valores de coeficientes de digestibilidad (%) y fracción digerida (g) promedio de materia orgánica por tratamiento

Tratamiento	Materia orgánica	Fracción digerida
T6	78,45 ± 6,46 ^c	30,45 ± 5,82 ^c
T4	76,44 ± 8,05 ^c	31,41 ± 6,46 ^c
T5	74,44 ± 6,60 ^c	28,31 ± 4,95 ^{bc}
T3	66,71 ± 7,92 ^b	23,09 ± 4,34 ^a
T2	63,62 ± 8,21 ^{ab}	28,93 ± 5,57 ^c
T1	60,63 ± 6,49 ^a	24,51 ± 4,62 ^{ab}

T1: Rastrojo de yacón +alimento balanceado; T2: rastrojo de yacón + alimento balanceado +enzima; T3: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado; T4: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado + enzima; T5: rastrojo de maíz +alimento balanceado; T6: rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima. abc: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% prueba de Tukey.

Los resultados obtenidos indican que, hay altos porcentajes de digestibilidad para materia orgánica, se sabe que la materia orgánica; es el resultado de la diferencia entre la materia seca y las cenizas, donde la materia orgánica comprende los nutrientes como las proteínas, carbohidratos y lípidos, los cuales hacen que las bacterias del ciego prefieran degradar estos componentes, además el incremento de la digestibilidad de materia orgánica se debe al acción del complejo enzimático sobre la fibra que, indirectamente incrementa el porcentaje de digestibilidad de materia orgánica.

Jiménez (2007), reportó la digestibilidad de materia orgánica de rastrojos de maíz en ovinos con diferentes tamaños de partícula de 1 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm tratado con urea fue de 66,2 %; 68,5 %; 64,4 % y 64,4 % respectivamente. El tamaño de partículas de los rastrojos en el presente estudio no fue tomado en cuenta, sin embargo, se puede observar que algunos tratamientos como el T4, T5 y T6 son

superiores, a pesar de ello las diferencias se debe a factores de animal fundamentalmente.

Magaña (1998), reportó la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica de rastrojo maíz picado y tratado con amoniaco (NH₃) fue de 63,19 %. Siendo inferior al tratamiento T6 del presente estudio. Las diferencias se pueden atribuir al aditivo utilizado, así como también el método utilizado para evaluar la digestibilidad en ambos estudios.

4.2.3. Coeficientes de digestibilidad de proteína cruda (PC) y su fracción digerida

Al análisis de resultados (Tabla 12), para el coeficiente de digestibilidad de proteína cruda y la fracción digerida, se observa que existe diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados (anexo 18 y 19) entre rastrojos de yacón, kiwicha y maíz ($p < 0,05$), Sin embargo los tratamientos con la inclusión del complejo enzimático no mostraron superioridad estadística con respecto a los tratamientos sin la inclusión del complejo enzimático (anexo 20), los mejores porcentajes de digestibilidad de proteína cruda se aprecian en el tratamiento T4, T3, T6 y T5 con 59,07; 57,27; 54,19 y 52,83 % de digestibilidad respectivamente, en tanto menores porcentajes se aprecian en los otros tratamientos.

Tabla 12. Valores de coeficientes de digestibilidad (%) y fracción digerida (g) promedio de proteína cruda por tratamiento

Tratamiento	Proteína cruda	Fracción digerida
T4	59,07 ± 18,66 ^b	3,08 ± 0,95 ^b
T3	57,27 ± 15,07 ^b	2,94 ± 1,02 ^b
T6	54,19 ± 10,47 ^b	2,58 ± 0,50 ^b
T5	52,83 ± 10,42 ^b	2,53 ± 0,54 ^b
T2	34,92 ± 8,62 ^a	2,26 ± 0,68 ^{ab}
T1	28,07 ± 13,76 ^a	1,60 ± 0,81 ^a

T1: Rastrojo de yacón +alimento balanceado; T2: rastrojo de yacón + alimento balanceado +enzima; T3: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado; T4: rastrojo de kiwicha +alimento balanceado + enzima; T5: rastrojo de maíz +alimento balanceado; T6: rastrojo de maíz + alimento balanceado + enzima. ab: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% prueba de tukey.

Los resultados obtenidos indican, una mejora significativa de la digestibilidad de la proteína cruda, Debido al factor cecotrófico proceso de la que permite al cuy aprovechar la proteína contenida en las células de las bacterias presentes en el ciego; y reutilizar la el nitrógeno proteico y no proteico que no se alcanzó a digerir en el intestino delgado. Lo cual puede permitirse una mejor respuesta productiva de los cuyes, sin embargo los resultados obtenidos indican, la digestibilidad de proteína son bajos, debido al poco o nulo efecto del complejo enzimático, en efecto el complejo enzimático es efectivo en sustratos β -glucanos y arabinosilnos mas no en sustratos proteicas, aparte de ello, la madurez de la planta disminuye significativamente la digestibilidad debido a que se enriquece la fibra y por ende hay disminución de la fracción proteica.

Confirmando lo citado por Mora (2002), en general a medida que aumenta la madurez de la planta, disminuye su contenido de proteína y de azúcares solubles,

y se eleva el contenido de fibra (principalmente celulosa y lignina), lo que causa una disminución gradual de la digestibilidad.

Al respecto Moreno (1989) indica, el cuy digiere la proteína de los alimentos fibrosos menos eficientemente que la proveniente de alimentos energéticos y proteicos, siendo éstos de mayor utilización, comparado con los rumiantes, debido a su fisiología digestiva al tener primero una digestión enzimática en el estómago y luego microbiana en el ciego y colon.

Mamani (2017), obtuvo valores de $33,85 \pm 1,88$ %; $45,57 \pm 4,09$ %; $49,93 \pm 0,86$ % y $53,57 \pm 1,16$ % de digestibilidad de proteína cruda en cuyes alimentados con broza (rastroy) de cañihua con 0 %, 1 %, 2 % y 3 % de inclusión de pecutrin respectivamente. Al comparar con los tratamientos del presente estudio, los reportes del mencionado autor son inferiores, específicamente los tratamientos T3 Y T4 (rastros de kiwicha sin y con inclusión del complejo enzimático). Las diferencias se deben probablemente a la inclusión del complejo enzimático en el presente estudio, sin embargo, también fue superior sin la inclusión del complejo enzimático, denotando que la superioridad probablemente se deba a otros factores.

El trabajo realizado por Castro *et al.*, (2017), reportan la digestibilidad en cuyes de la proteína cruda de la totora (*Scirpus californicus*) con tratamiento alcalino (NaOH) con tres niveles 2 % 3 % y 4 % fueron 75,06 %; 78,46 % y 81,25 % respectivamente, siendo superiores a todos los tratamientos del presente estudio. Las diferencias se deben al contenido proteico de la totora (*Scirpus californicus*), el mismo autor reporta que el contenido de proteína cruda es de 13 %, mientras tanto los rastros evaluados apenas superan el 8 % en contenido de proteína cruda.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir lo siguiente:

1. El mayor consumo de alimento fue con el rastrojo de yacón suplementados con alimento balanceado más el complejo enzimático, seguido por rastrojo de maíz y kiwicha, donde el mayor consumo de materia seca ($51,11 \pm 6,17$ g), materia orgánica ($45,29 \pm 5,66$ g) y proteína cruda ($5,70 \pm 0,33$ g) en el tratamiento T2.
2. La adición del complejo enzimático al alimento balanceado y rastrojos mejora la digestibilidad y la fracción digerida de materia seca, materia orgánica y proteína cruda donde, el mayor porcentaje de digestibilidad de materia seca ($77,55 \pm 6,73$ %) y materia orgánica ($78,45 \pm 6,46$ %) se obtuvo en el tratamiento T6, en tanto para la digestibilidad de proteína cruda ($59,07 \pm 18,66$ %) se obtuvo en el tratamiento T4. Del mismo modo para la fracción digerida los mejores resultados: materia seca ($35,46 \pm 7,24$ g), materia orgánica ($31,41 \pm 6,46$ g) y proteína cruda ($3,08 \pm 0,95$ g) se obtuvo en el tratamiento 4.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y observaciones obtenidas en el presente trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

1. Seguir realizando trabajos de investigación con diferentes residuos de cosecha, ya que es abundante en la zona y pueden solucionar el problema de la falta de alimentos en la época de sequía.
2. Determinar la digestibilidad de rastrojos puros en comparación a la adición de alimento balanceado y enzima.
3. Evaluar el costo de la inclusión enzimática, considerando mejoras en los parámetros productivos.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alcazar, J. (1997).** *Bases para la Alimentación Animal y la Formulación Manual de Raciones*. Génesis Producciones Gráficas. La Paz, Bolivia.
- Aliaga L., Moncayo R., Rico E., Caicedo A. (2009).** *Producción de cuyes*. Lima-Perú: Fondo editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Ancco, J. (2016).** *Alimentación del cuy (Cavia porcellus) con retama (Retama sphaerocorpoa) y sunchu (Viguera lanceolata) verde*. Abancay, Perú. Alimentación de cuyes. Recuperado de alimentacióndecuyes.blogspot.com/2016/
- Anderson, D. C. (1978).** *Use of cereal residues in beef cattle production systems*. J. Anim. Sci. De <https://doi.org/10.2527/jas1978.463849x>
- Arrarian, J. (1989).** *Efecto de la panca de maíz (Zea mays) tratada con dos niveles de urea en la alimentación de vacas Holstein sobre la producción y tener grasa de leche*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Beauchemin Ka, Colombatto D, Morgavi Dp, Yang Wz. (2003).** *Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants*. J Anim Sci 81: E37 E47.
- Biovet, (2008).** *Uso de las enzimas en la alimentación animal*. Recuperado de <http://www.biovet-alquermes.com/uploads/434935226ff0299.pdf>
- Bondi, A. (1989).** *Nutrición Animal*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Briceños, O. (1978).** *Nutrición animal*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Campos, L. J. (2007).** *Evaluación nutricional del frijol mucuna (Stizolobium deeringianum) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Cañas R. (1995).** *Alimentación y Nutrición Animal*. Publicación. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cárdenas, W. (2016).** *Valoración nutricional del suncho (Viguiera lanceolata) como alternativa en la alimentación de cuyes*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, Perú.
- Castellanos, S. (2015).** *Amonificación de la panca de maíz (Zea maíz L.) con tres niveles de urea para mejorar su digestibilidad*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

- Castro, B., Chirinos, Peinado y Paucar Q. (2017).** *Efecto del tratamiento alcalino (NaOH) en la digestibilidad de la materia seca y proteína de la totora (Scirpus californicus) en cuyes (Cavia porcellus).* Rev Inv Vet Peru 2017; 28(1): 86-91p. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28il.11793>
- Caycedo, A (2000).** *Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Contribución al desarrollo tecnológico de la especie.* Universidad de Nariño Pasto, Colombia.
- Ceccantini, M. (2008).** *Mejor uso de enzimas en dietas de aves. Maracaibo Venezuela.* Recuperado de http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/mejor_uso_enzimas_dieta_aves_m_ceccantini.pdf
- Chauca, F.D. (1993).** *Fisiología y medio ambiente.* I curso regional de capacitación en crianza de cuyes, Cajamarca. Perú, INIA, EELM y EEBI.
- Chauca, L. (1997).** *Producción de cuyes (Cavia porcellus).* Instituto Nacional de investigación Agraria La Molina, Perú. FAO. Roma, Italia.
- Cheeke, P. (1995).** *Alimentación y Nutrición.* Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Corine, H.; R. (1984).** *Fundamentos de nutrición animal.* Edit. Continental. México
- Cortés, C. A., Águila, S. R. y Ávila, G. E. (2002).** *La utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda.* Vet. Méx. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 33:1. 2002.
- Crampton, E.; Harris, L. (1974).** *Nutrición animal aplicada.* 2° ed. Edit. Acribia. España.
- De Alba, J. (1973).** *Alimentación del ganado en América latina.* Edición Mundo prensa (I. N. R. A). Instituto Nacional de Recherche Agronomique Argentina.
- Delgado, S., O., C., A., & G., O. (2014).** *Evaluación de dos complejos enzimáticos fibrolíticos comerciales sobre la digestibilidad y la cinética de digestión del cogollo de caña de azúcar (Saccharum officinarum).* Rev Inv Vet Perú; 25 (2):182-189p.
- Eroski, (2003).** *Enzimas de los alimentos, sustancias que ayudan a la digestión.* Recuperado de http://www.consumer.es/web/es/alimentación/aprender_a_comer_bien/alimentacion_alternativa/2003/08/22/64658.php
- Esquerre, J. A., Valenzuela y Candela, E. (1974).** *Digestión microbiana en Cuyes criollos de la altura.* Rev. Inv. Pec. (IVITA). Universidad Nacional Mayor de San Marcos 3 (19: 67-76p).
- Foss. (2017).** *Comparación y consideraciones para el análisis del nitrógeno/las proteínas de los alimentos y el pienso.* Recuperado de

https://www.fossanalytics.com/-/media/files/documents/papers/laboratories-segment/the-dumas-method-for-nitrogenprotein-analysis_es.pdf.

- Gómez, C. y Vergara, V. (1995).** *Fundamentos de la nutrición y alimentación de cuyes*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección General de Transferencia de Tecnología. Programa de Investigación en Crianzas Familiares. Serie Guías Didácticas N° RI-95. Lima, Perú. Recuperado de http://www.consumer.es/web/es/alimentación/aprender_a_comer_bien/alimentacion_alternativa/2003/08/22/64658.php
- Hidalgo, V., Montes, T., Cabrera, P. y Moreno, A. (1995).** *Crianza de Cuyes Programa de Investigación en Carnes*. UNALM. Perú.
- Jara, A. (2017).** *Valor nutricional de la broza de quinua (k'iri) en cuyes*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.
- Jiménez, A. (2007).** *Uso de desperdicios de papa y rastrojos de maíz tratados con urea en la alimentación estratégica en ovinos*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
- Klopfenstein, T. (1980).** *Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment*. Anim. Sci. Dept. University.
- Klopfentein, T., Roth, T., Fernández, S. y Lewis, M. (1987).** *Corn residues in beef production systems*. J. Anim. Sci. 65: 1139-1148. De <https://doi.org/10.2527/jas1987.6541139x>
- Kung, Ljr, Ranjit. NJ. (2001).** *The effect of Lactobacillus buchneri and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage*. J Dairy Sci 84: 1149-1155.
- Magaña, E. C. (1998).** *Análisis químico y digestibilidad en vitro de rastrojo de maíz (zea mays) a diferentes tamaños de partícula, tratado con amoníaco anhídrido*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Mamani, N. (2017).** *Digestibilidad de broza de Cañihua con adición de pecutrin en cuyes (Cavia porcellus)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Martínez, R. (2005).** *Manejo técnico de los cuyes*. Ambato, Ecuador.
- Maynard, L. A., J. K. Loosly, H.F. Hintz, R.G. Warner. (1986).** *Nutrición animal* (Cuarta edición). McGraw - Hill, México.
- McDonald, P.; R. Edwards y J. Greenhald. (1999).** *Nutrición Animal*. 5º Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Mora, I. (2002).** *Nutrición animal*. Se. Edit. EUNED. Zaragoza, España.
- Moreno, R. A. (1989).** *Producción de cuyes*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.

- National Research Concil. (1995).** *Requerimientos nutricionales para animal de laboratorio: cuyes.* Publicación n°990.cuarta edición. DC. USA.
- Pond, W. G.; Church, D. C. y Pond, K. R. (2002).** *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2° Edición.* Editorial. Limusa. México.
- Ravindran, V. (2010).** *Aditivos en la alimentación animal: presente y futuro.* Institute of food, Nutrition and Human Health. Curso de especialización FEDNA. Recuperado de http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/44-10CAP_I.pdf
- Rico.E. (2003).** *Manual sobre el manejo de cuyes. Proyecto MEJOCUY. 2° edición.* Recuperado de http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/manual_manejo_cuyes.pdf.
- Saravia, J. D. (1993).** *Avances de investigación en la alimentación de cuyes. I Curso Regional de Capacitación en Crianzas Familiares de Cuyes – Cajamarca.*
- Spring P., Filer K. y Rheinheimer C. (1999).** *Las enzimas: Métodos y aplicaciones en la industria de la alimentación animal.* Biotecnología en la industria de la alimentación animal. Alltech México S.a de C.V. Vol. VII.
- Vergara, V. (1992).** *3er Curso Internacional de Producción de Cuyes.* UNALM. Lima –Perú.
- Vergara, V. (2008).** *Avances en nutrición y alimentación en cuyes, resumen de presentaciones.* Simposio de cuyes. APPA 2008.
- Zúñiga, D. y Quisiyupanqui, L. (1995).** *Manejo de cuyes. 1° Edición.* Editorial ALPHA. Cusco, Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Peso inicial y final (g) de los cuyes evaluados con rastrojo de yacón

Dieta	Animal	Peso inicial	Peso final	Variación de peso
Rastrojo de Yacón + Balanceado	Cuy 1	928	916	-12
	Cuy 2	810	838	+28
	Cuy 3	914	935	+21
	Cuy 4 **	1085		
	Cuy 5	772	803	+31
	Promedio	901,8	873	+17
Rastrojo de Yacón + Balanceado + Enzima	Cuy 6	842	909	+67
	Cuy 7	1021	1051	+30
	Cuy 8	949	988	+39
	Cuy 9	886	943	+57
	Cuy 10	959	959	0
	Promedio	931,4	970	+38,6

**Cuy N°4 fue retirado por presentar enfermedad (bronconeumonía) en la fase de adaptación con rastrojo de yacón.

Anexo 2: Peso inicial y final (g) de los cuyes evaluados con rastrojo de kiwicha

Dieta	Animal	Peso inicial	Peso final	Variación de peso
Rastrojo de Kiwicha + Balanceado	Cuy 1	943	981	+38
	Cuy 2	1030	1037	+7
	Cuy 3	870	842	-28
	Cuy 4	1050	1050	0
	Cuy 5	765	750	-15
	Promedio	931,6	932	+0,4
Rastrojo de Kiwicha + Balanceado + Enzima	Cuy 6	857	862	+5
	Cuy 7	985	973	-12
	Cuy 8	974	995	+21
	Cuy 9	912	822	+10
	Cuy 10	926	918	-8
	Promedio	930,8	934	+3,2

Anexo 3: Peso inicial y final (g) de los cuyes evaluados con rastrojo de maíz

Dieta	Animal	Peso inicial	Peso final	Variación de peso
Rastrojo de Maíz + Balanceado	Cuy 1	868	877	+9
	Cuy 2	976	995	+19
	Cuy 3	854	855	+1
	Cuy 4	1134	1119	-15
	Cuy 5	722	768	+46
	Promedio	910,8	922,8	+12
Rastrojo de Maíz + Balanceado + Enzima	Cuy 6	905	936	+31
	Cuy 7	952	943	-9
	Cuy 8	951	957	+6
	Cuy 9	960	966	+6
	Cuy 10	864	852	-12
	Promedio	926,4	930,8	+4,4

Anexo 4: Cantidad del alimento (rastrojo de yacón) ingerido y producción heces por cada cuy/día (base fresca)

Animal n°	Día	Rastrojo de yacón			Heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 1	1	80	48	32	44	20	0	20	52	54,57
	2	80	63	17	48	20	0	20	37	
	3	80	37	43	51	20	0	20	63	
	4	80	41	39	50	20	0	20	59	
	5	80	46	34	35	20	0	20	54	
	6	80	42	38	44	20	0	20	58	
	7	80	41	39	41	20	0	20	59	
Cuy 2	1	80	45	35	35	20	0	20	55	54,43
	2	80	46	34	38	20	0	20	54	
	3	80	40	40	35	20	0	20	60	
	4	80	47	33	41	20	0	20	53	
	5	80	46	34	38	20	0	20	54	
	6	80	49	31	31	20	0	20	51	
	7	80	46	34	42	20	0	20	54	
Cuy 3	1	80	47	33	37	20	0	20	53	55,43
	2	80	37	43	42	20	0	20	63	
	3	80	33	47	35	20	0	20	67	
	4	80	50	30	21	20	0	20	50	
	5	80	52	28	30	20	0	20	48	
	6	80	51	29	27	20	0	20	49	
	7	80	42	38	38	20	0	20	58	
Cuy 5	1	80	50	30	34	20	0	20	50	
	2	80	51	29	28	20	0	20	49	

Animal n°	Día	Rastrojo de yacón			Heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 5	3	80	56	24	29	20	0	20	50,43	
	4	80	52	28	32	20	0	20		
	5	80	56	24	27	20	0	20		
	6	80	42	38	25	20	0	20		
	7	80	40	40	25	20	0	20		
Cuy 6	1	80	40	40	30	20	0	20	54,29	
	2	80	44	36	29	20	0	20		
	3	80	49	31	31	20	0	20		
	4	80	54	26	31	20	0	20		
	5	80	46	34	28	20	0	20		
	6	80	48	32	41	20	0	20		
	7	80	39	41	24	20	0	20		
Cuy 7	1	80	37	43	31	20	0	20	57,00	
	2	80	48	32	32	20	0	20		
	3	80	53	27	29	20	0	20		
	4	80	46	34	31	20	0	20		
	5	80	38	42	37	20	0	20		
	6	80	44	36	35	20	0	20		
	7	80	35	45	32	20	0	20		
Cuy 8	1	80	35	45	28	20	0	20	66,71	
	2	80	35	45	31	20	0	20		
	3	80	28	52	39	20	0	20		
	4	80	30	50	35	20	0	20		
	5	80	32	48	30	20	0	20		
	6	80	40	40	30	20	0	20		

Animal n°	Día	Rastrojo de yacón			Heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 8	7	80	33	47	28	20	0	20		
Cuy 9	1	80	42	38	23	20	0	20	58	56,29
	2	80	52	28	27	20	0	20	48	
	3	80	47	33	25	20	0	20	53	
	4	80	36	44	21	20	0	20	64	
	5	80	44	36	23	20	0	20	56	
	6	80	45	35	21	20	0	20	55	
	7	80	40	40	25	20	0	20	60	
Cuy 10	1	80	38	42	25	20	0	20	62	67,71
	2	80	37	43	22	20	0	20	63	
	3	80	26	54	28	20	0	20	74	
	4	80	29	51	28	20	0	20	71	
	5	80	35	45	27	20	0	20	65	
	6	80	32	48	41	20	0	20	68	
	7	80	29	51	31	20	0	20	71	

Anexo 5: Cantidad del alimento (rastrojo de kiwicha) ingerido y producción de heces por cada cuy/día (base fresca)

Animal n°	Día	Rastrojo de kiwicha			Heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 1	1	120	85	35	24	20	0	20	55	49,86
	2	105	85	20	18	20	0	20	40	
	3	120	81	39	23	20	0	20	59	
	4	110	83	27	19	20	0	20	47	
	5	105	70	35	30	20	0	20	55	
	6	110	87	23	15	20	0	20	43	
	7	110	80	30	22	20	0	20	50	
Cuy 2	1	120	90	30	5	20	0	20	50	52,29
	2	105	92	13	5	20	0	20	33	
	3	120	60	60	12	20	0	20	80	
	4	110	77	33	5	20	0	20	53	
	5	105	87	18	17	20	0	20	38	
	6	110	84	26	32	20	0	20	46	
	7	110	64	46	24	20	0	20	66	
Cuy 3	1	120	98	22	27	20	0	20	42	44,14
	2	105	70	35	21	20	0	20	55	
	3	120	90	30	24	20	0	20	50	
	4	110	84	26	18	20	0	20	46	
	5	105	84	21	17	20	0	20	41	
	6	110	94	16	14	20	0	20	36	
	7	110	91	19	15	20	0	20	39	
Cuy 4	1	120	105	15	11	20	0	20	35	

Animal n°	Día	Rastrojo de kiwicha			Heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 4	2	105	77	28	18	20	0	20	48	50,00
	3	120	86	34	26	20	0	20	54	
	4	110	75	35	25	20	0	20	55	
	5	105	75	30	20	20	0	20	50	
	6	110	78	32	36	20	0	20	52	
	7	110	74	36	36	20	0	20	56	
	Cuy 5	1	120	103	17	17	20	0	20	
2		105	82	23	28	20	0	20	43	
3		120	85	35	39	20	0	20	55	
4		110	82	28	21	20	0	20	48	
5		105	72	33	29	20	0	20	53	
6		110	86	24	27	20	0	20	44	
7		110	82	28	29	20	0	20	48	
Cuy 6	1	120	94	26	24	20	0	20	46	51,86
	2	105	69	36	25	20	0	20	56	
	3	120	80	40	37	20	0	20	60	
	4	110	79	31	32	20	0	20	51	
	5	105	85	20	12	20	0	20	40	
	6	110	72	38	18	20	0	20	58	
	7	110	78	32	29	20	0	20	52	
Cuy 7	1	120	85	35	43	20	0	20	55	60,00
	2	105	62	43	26	20	0	20	63	
	3	120	71	49	36	20	0	20	69	
	4	110	69	41	29	20	0	20	61	

Animal n°	Día	Rastrojo de kiwicha			Heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 7	5	105	73	32	26	20	0	20	52	
	6	110	76	34	27	20	0	20	54	
	7	110	64	46	32	20	0	20	66	
Cuy 8	1	120	68	52	17	20	0	20	72	48,71
	2	105	83	22	26	20	0	20	42	
	3	120	82	38	15	20	0	20	58	
	4	110	89	21	10	20	0	20	41	
	5	105	81	24	10	20	0	20	44	
	6	110	85	25	9	20	0	20	45	
	7	110	91	19	8	20	0	20	39	
Cuy 9	1	120	92	28	20	20	0	20	48	58,00
	2	105	67	38	19	20	0	20	58	
	3	120	83	37	18	20	0	20	57	
	4	110	62	48	17	20	0	20	68	
	5	105	69	36	17	20	0	20	56	
	6	110	77	33	18	20	0	20	53	
	7	110	64	46	12	20	0	20	66	
Cuy 10	1	120	69	51	14	20	0	20	71	59,57
	2	105	70	35	23	20	0	20	55	
	3	120	78	42	13	20	0	20	62	
	4	110	72	38	14	20	0	20	58	
	5	105	72	33	11	20	0	20	53	
	6	110	66	44	10	20	0	20	64	
	7	110	76	34	10	20	0	20	54	

Anexo 6: Cantidad del alimento (rastrojo de maíz) ingerido y producción de heces por cada cuy/día (base fresca)

Animal n°	Día	Rastrojo de maíz			heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 1	1	105	74	31	16	20	0	20	51	54,57
	2	108	67	41	20	20	0	20	61	
	3	84	55	29	19	20	0	20	49	
	4	105	78	27	16	20	0	20	47	
	5	105	66	39	22	20	0	20	59	
	6	98	65	33	21	20	0	20	53	
	7	107	65	42	21	20	0	20	62	
Cuy 2	1	102	73	29	37	20	0	20	49	51,57
	2	105	74	31	35	20	0	20	51	
	3	83	53	30	32	20	0	20	50	
	4	105	70	35	39	20	0	20	55	
	5	112	80	32	38	20	0	20	52	
	6	99	65	34	28	20	0	20	54	
	7	107	77	30	44	20	0	20	50	
Cuy 3	1	104	67	37	26	20	0	20	57	57,29
	2	102	62	40	23	20	0	20	60	
	3	88	48	40	26	20	0	20	60	
	4	102	60	42	21	20	0	20	62	
	5	103	61	42	34	20	0	20	62	
	6	106	80	26	19	20	0	20	46	
	7	104	70	34	21	20	0	20	54	
Cuy 4	1	101	69	32	15	20	0	20	52	
	2	104	70	34	24	20	0	20	54	

Animal n°	Día	Rastrojo de maíz			heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 4	3	84	59	25	19	20	0	20	45	47,86
	4	122	92	30	22	20	0	20	50	
	5	106	86	20	19	20	0	20	40	
	6	105	82	23	15	20	0	20	43	
	7	111	80	31	18	20	0	20	51	
Cuy 5	1	105	80	25	10	20	0	20	45	50,00
	2	102	69	33	20	20	0	20	53	
	3	84	47	37	18	20	0	20	57	
	4	109	80	29	12	20	0	20	49	
	5	119	72	47	15	20	0	20	67	
	6	105	85	20	14	20	0	20	40	
	7	101	82	19	11	20	0	20	39	
Cuy 6	1	103	75	28	16	20	0	20	48	47,14
	2	100	81	19	26	20	0	20	39	
	3	84	61	23	11	20	0	20	43	
	4	112	79	33	19	20	0	20	53	
	5	108	88	20	20	20	0	20	40	
	6	108	80	28	14	20	0	20	48	
	7	109	70	39	9	20	0	20	59	
Cuy 7	1	104	74	30	21	20	0	20	50	53,14
	2	108	84	24	28	20	0	20	44	
	3	85	45	40	21	20	0	20	60	
	4	103	65	38	18	20	0	20	58	
	5	109	77	32	18	20	0	20	52	
	6	117	77	40	13	20	0	20	60	

Animal n°	Día	Rastrojo de maíz			heces (g)	Alimento balanceado			Consumo total (g)	Media
		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		Alimento ofrecido (g)	Alimento rechazado (g)	Alimento ingerido (g)		
Cuy 7	7	104	76	28	16	20	0	20	48	
Cuy 8	1	102	55	47	22	20	0	20	67	60,00
	2	100	55	45	22	20	0	20	65	
	3	87	50	37	28	20	0	20	57	
	4	102	60	42	22	20	0	20	62	
	5	112	72	40	25	20	0	20	60	
	6	107	81	26	25	20	0	20	46	
	7	103	60	43	16	20	0	20	63	
Cuy 9	1	109	85	24	16	20	0	20	44	56,86
	2	104	62	42	21	20	0	20	62	
	3	88	49	39	16	20	0	20	59	
	4	109	80	29	20	20	0	20	49	
	5	112	75	37	21	20	0	20	57	
	6	106	63	43	11	20	0	20	63	
	7	112	68	44	15	20	0	20	64	
Cuy 10	1	113	76	37	15	20	0	20	57	48,83
	2	104	71	33	16	20	0	20	53	
	3	84	57	27	26	20	0	20	47	
	4	112	85	27	28	20	0	20	47	
	5	112	89	23	8	20	0	20	43	
	6	112	89	23	8	20	0	20	43	
	7	106	80	26	15	20	0	20	46	

Anexo 7. Promedios de consumo de rastrojos de los 10 cuyes en base seca

Animal	Rastrojo de yacón (g)	Rastrojo de kiwicha (g)	Rastrojo de maíz (g)
Cuy 1	24,110	27,627	27,627
Cuy 2	26,071	25,230	25,230
Cuy 3	19,495	29,797	29,797
Cuy 4	24,225	22,262	22,262
Cuy 5	21,687	23,974	23,974
Cuy 6	25,725	21,691	21,691
Cuy 7	32,300	26,486	26,486
Cuy 8	23,187	31,966	31,966
Cuy 9	30,685	29,454	29,454
Cuy 10	31,954	23,042	23,042

Anexo 8: Cantidad de alimento (rastreo de yacón) ingerido y coeficiente de digestibilidad aparente por cada cuy (base seca)

Animal n°	Día	Consumo (g) de MS	Heces (g) de MS	Digerido (g) de MS	% CDA	Media
Cuy 1	1	44,198	20,154	24,044	54,40	55,73
	2	31,860	18,649	13,211	41,47	
	3	53,247	19,512	33,735	63,36	
	4	49,956	19,935	30,021	60,09	
	5	45,843	16,458	29,385	64,10	
	6	49,134	23,297	25,837	52,58	
	7	49,956	22,937	27,019	54,09	
Cuy 2	1	46,666	15,105	31,561	67,63	60,80
	2	45,843	20,564	25,279	55,14	
	3	50,779	20,409	30,370	59,81	
	4	45,021	20,039	24,982	55,49	
	5	45,843	17,749	28,094	61,28	
	6	43,376	17,165	26,211	60,43	
	7	45,843	15,663	30,180	65,83	
Cuy 3	1	45,021	21,060	23,961	53,22	60,52
	2	53,247	17,018	36,229	68,04	
	3	56,537	19,994	36,543	64,64	
	4	42,553	12,974	42,540	69,51	
	5	40,908	16,081	24,827	60,69	
	6	41,731	17,764	23,967	57,43	
	7	49,134	24,496	24,638	50,14	
Cuy 5	1	42,553	19,654	22,899	53,81	57,71
	2	41,731	17,404	24,327	58,29	
	3	37,618	16,863	20,755	55,17	
	4	40,908	19,003	21,905	53,55	
	5	37,618	13649	23,969	63,72	
	6	49,134	17,359	31,775	64,67	
	7	50,779	22,965	27,814	54,77	
Cuy 6	1	50,779	18,436	32,343	63,69	58,08
	2	47,489	19,397	28,092	59,15	
	3	43,376	20,221	23,155	53,38	
	4	39,263	19,281	19,982	50,89	
	5	45,843	18,017	27,826	60,70	
	6	44,198	24,523	19,675	44,52	
	7	51,601	13,304	38,297	74,22	
Cuy 7	1	53,247	22,689	30,558	57,39	56,69
	2	44,198	21,406	22,792	51,57	
	3	40,085	18,550	21,535	53,72	
	4	45,843	18,266	27,577	60,16	
	5	52,424	22,494	29,930	57,09	
	6	47,489	21,578	25,911	54,56	
	7	54,892	20,672	34,220	62,34	

Animal n°	Día	Consumo (g) de MS	Heces (g) de MS	Digerido (g) de MS	% CDA	Media
Cuy 8	1	54.892	20,695	34,197	62,30	61,53
	2	54,892	21,425	33,467	60,97	
	3	60,650	22,350	38,300	63,15	
	4	59,005	25130	33,875	57,41	
	5	57,359	21497	35,862	62,52	
	6	50,779	19,813	30,966	60,98	
	7	56,537	20,690	35,847	63,40	
Cuy 9	1	49,134	15,255	33,879	68,95	72,42
	2	40,908	13,734	27,174	66,43	
	3	45,021	13,523	31,498	69,96	
	4	54,069	12,211	41,858	77,42	
	5	47,489	10,455	37,034	77,98	
	6	46,666	11,695	34,971	74,94	
	7	50,779	14,582	36,197	71,28	
Cuy 10	1	52,424	18,329	34,095	65,04	65,86
	2	53,247	14,607	38,640	72,57	
	3	62,295	18,336	43,959	70,57	
	4	59,827	20,009	39,818	66,56	
	5	54,892	18,190	36,702	66,86	
	6	57,359	25,841	31,518	54,95	
	7	59,827	21,264	38,563	64,46	

Anexo 9: Cantidad de alimento (rastreo de kiwicha) ingerido y la coeficiente de digestibilidad aparente por cada cuy (base seca)

Animal n°	Día	Consumo (g) de MS	Heces (g) de MS	Digerido (g) de MS	% CDA	Media
Cuy 1	1	46,139	15,075	31,064	67,33	66,60
	2	34,026	10,539	23,487	69,03	
	3	49,369	15,555	33,814	68,49	
	4	39,679	11,885	27,794	70,05	
	5	46,139	18,571	27,568	59,75	
	6	36,449	10,246	26,203	71,89	
	7	42,101	16,990	25,111	59,65	
Cuy 2	2	28,374	4,084	24,290	85,61	67,26
	5	32,411	11,749	20,662	63,75	
	6	38,871	19,570	19,301	49,65	
	7	55,021	16,496	38,525	70,02	
Cuy 3	1	35,641	15,886	19,755	55,43	69,40
	2	46,139	12,169	33,970	73,62	
	3	42,101	13,384	28,717	68,21	
	4	38,871	11,764	27,107	69,73	
	5	34,834	7,100	27,734	79,62	
	6	30,796	9,120	21,676	70,39	
	7	33,219	10,365	22,854	68,80	
Cuy 4	1	29,989	8,547	21,442	71,50	66,37
	2	40,486	10,805	29,681	73,31	
	3	45,331	14,239	31,092	68,59	
	4	46,139	14,766	31,373	68,00	
	5	42,101	11,079	31,022	73,68	
	6	43,716	20,467	23,249	53,18	
	7	46,946	20,497	26,449	56,34	
Cuy 5	1	31,604	11,004	20,600	65,18	59,21
	2	36,449	16,379	20,070	55,06	
	3	46,139	21,676	24,463	53,02	
	4	40,486	13,519	26,967	66,61	
	5	44,524	16,431	28,093	63,10	
	6	37,256	17,297	19,959	53,57	
	7	40,486	17,041	23,445	57,91	
Cuy 6	1	38,871	15,574	23,297	59,94	64,91
	2	46,946	15,564	31,382	66,85	
	3	50,176	21,961	28,215	56,23	
	4	42,909	17,296	25,613	59,69	
	5	34,026	8,514	25,512	74,98	
	6	48,561	11,693	36,868	75,92	
	7	43,716	17,150	26,566	60,77	
Cuy 7	2	52,599	14,172	38,427	73,06	70,32
	3	57,444	18,895	38,549	67,11	
	4	50,984	14,680	36,304	71,21	

Animal n°	Día	Consumo (g) de MS	Heces (g) de MS	Digerido (g) de MS	% CDA	Media
Cuy 7	5	43,716	12,908	30,808	70,47	
	6	45,331	14,337	30,994	68,37	
	7	55,021	15,571	39,450	71,70	
Cuy 8	1	59,866	12,043	47,823	79,88	79,35
	3	48,561	10,591	37,970	78,19	
	4	34,834	8,424	26,410	75,82	
	5	37,256	6792	30,464	81,77	
	6	38,064	6,558	31,506	82,77	
	7	33,219	7,417	25,802	77,67	
Cuy 9	1	40,486	11,397	29,089	71,85	79,31
	2	48,561	10,562	37,999	78,25	
	3	47,754	10,984	36,770	77,00	
	4	56,636	10,838	45,798	80,86	
	5	46,946	6,479	40,467	86,20	
	6	44,524	11,991	32,533	73,07	
	7	55,021	6,650	48,371	87,91	
Cuy 10	1	59,059	10,660	48,399	81,95	82,33
	2	46,139	12,573	33,566	72,75	
	3	51,791	7,601	44,190	85,32	
	4	48,561	1,523	47,038	78,33	
	5	44,524	7,224	37,300	83,78	
	6	53,406	8,477	44,929	84,13	
	7	45,331	4,501	40,830	90,07	

Anexo 10: Cantidad de alimento (rastreo de maíz) ingerido y la coeficiente de digestibilidad aparente por cada cuy (base seca)

Animal n°	Día	Consumo (g) de MS	Heces (g) de MS	Digerido (g) de MS	% CDA	Media
Cuy 1	1	42,649	9,846	32,803	76,91	76,97
	2	50,641	12,266	38,375	75,78	
	3	41,051	11,764	29,287	71,34	
	4	39,453	8,635	30,818	78,11	
	5	49,042	11,521	37,521	76,51	
	6	44,248	9,342	34,906	78,89	
	7	51,440	9,629	41,811	81,28	
Cuy 2	1	41,051	18,735	22,316	54,36	56,85
	2	42,649	19,668	22,981	53,88	
	3	41,850	19,569	22,281	53,24	
	4	45,846	19,460	26,386	57,55	
	5	43,448	20,274	23,174	53,34	
	6	45,047	14,102	30,945	68,70	
	7	41,850	22,046	19,804	47,32	
Cuy 3	1	47,444	14,506	32,938	69,43	69,59
	2	49,842	13,657	36,185	72,60	
	3	49,842	16,465	33,377	66,96	
	4	51,440	13,782	37,658	73,21	
	5	51,440	19,820	31,620	61,47	
	6	38,654	10,605	28,049	72,56	
	7	45,047	13,103	31,944	70,91	
Cuy 4	1	43,448	10,504	32,944	75,82	69,39
	2	45,047	13,941	31,106	69,05	
	3	37,855	10,788	27,067	71,50	
	4	41,850	15,696	26,154	62,50	
	5	33,859	12,765	21,094	62,30	
	6	36,256	13,028	23,228	64,07	
	7	42,649	8,310	34,339	80,51	
Cuy 5	1	37,855	9,529	28,326	74,83	78,82
	2	44,248	13,321	30,927	69,89	
	3	47,444	10,645	36,799	77,56	
	4	41,051	8,542	32,509	79,19	
	5	55,436	8,225	47,211	85,16	
	6	33,859	5,418	28,441	84,00	
	7	33,060	6,257	26,803	81,07	
Cuy 6	1	40,252	10,159	30,093	74,76	77,59
	2	33,060	10,785	22,275	67,38	
	3	36,256	7,337	28,919	79,76	
	4	44,248	11,012	33,236	75,11	
	5	33,859	10,225	23,634	69,80	
	6	40,252	5,264	34,988	86,92	
	7	49,042	5,211	43,831	89,37	

Animal n°	Día	Consumo (g) de MS	Heces (g) de MS	Digerido (g) de MS	% CDA	Media
Cuy 7	1	41,850	9,781	32,069	76,63	77,91
	2	37,055	14,327	22,728	61,34	
	3	49,842	11,768	38,074	76,39	
	4	48,243	9,164	39,079	81,00	
	5	43,448	8,266	35,182	80,97	
	6	49,842	7,074	42,768	85,81	
	7	40,252	6,750	33,502	83,23	
Cuy 8	1	55,436	11,450	43,986	79,35	75,26
	2	53,837	13,313	40,524	75,27	
	3	47,444	14,265	33,179	69,93	
	4	51,440	15,093	36,347	70,66	
	5	49,842	13,565	36,277	72,78	
	6	38,654	10,003	28,651	74,12	
	7	52,239	7,996	44,243	84,69	
Cuy 9	1	37,055	8,495	28,560	77,07	80,15
	2	51,440	11,306	40,134	78,02	
	3	49,042	8,853	40,189	81,95	
	4	41,051	11,823	29,228	71,20	
	5	47,444	10,314	37,130	78,26	
	6	52,239	5,422	46,817	89,62	
	7	53,038	8,012	45,026	84,89	
Cuy 10	1	47,444	8,138	39,306	82,85	76,76
	2	44,248	9,423	34,825	78,70	
	3	39,453	11,517	27,936	70,81	
	4	39,453	13,441	26,012	65,93	
	5	36,256	6,830	29,426	81,16	
	6	38,654	7,296	31,358	81,13	
	7	38,654	7,296	31,358	81,13	

Anexo 11: Análisis de varianza para consumo de materia seca

Análisis de varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Rastrojo	919	2	459,5	12,03	<0,0001
Aditivo	901,74	1	901,74	23,61	<0,0001
Rastrojo*Aditivo	302,85	2	151,42	3,97	0,0205
Error	7447,06	195	38,19		
Total	9677,52	200			

% CV	13,64
------	-------

Anexo 12: Análisis de varianza para consumo de materia orgánica

Análisis de varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Rastrojo	974,51	2	487,25	15,67	<0,0001
Aditivo	739,98	1	739,98	23,8	<0,0001
Rastrojo*Aditivo	248,31	2	124,16	3,99	0,02
Error	6062,69	195	31,09		
Total	8129,2	200			

% CV	14,08
------	-------

Anexo 13: Análisis de varianza para consumo de proteína cruda

Análisis de varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Rastrojo	8,59	2	4,3	21,8	<0,0001
Aditivo	0,16	1	0,16	0,79	0,3759
Rastrojo*Aditivo	0,61	2	0,31	1,56	0,2177
Error	13,79	70	0,2		
Total	23,36	75			

% CV	8,66
------	------

Anexo 14: Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad de materia seca

Análisis de varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Rastrojo	6087,82	2	3043,91	48,8	<0,0001
Aditivo	2320,64	1	2320,64	37,2	<0,0001
Rastrojo*Aditivo	233,44	2	116,72	1,87	0,1568
Error	11851,58	190	62,38		
Total	20357,3	195			

% CV	11,49
------	-------

Anexo 15: Análisis de varianza para la fracción digerida de materia seca

Análisis de varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Rastrojo	347,36	2	173,68	4,74	0,0098
Aditivo	1839,01	1	1839,01	50,14	<0,0001
Rastrojo*Aditivo	267,45	2	133,72	3,65	0,0279
Error	6969,05	190	36,68		
Total	9353,98	195			

% CV	9,76
------	------

Anexo 16: Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad de materia orgánica

Análisis de varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Rastrojo	6565,12	2	3282,56	60,46	<0,0001
Aditivo	1500,88	1	1500,88	27,64	<0,0001
Rastrojo*Aditivo	415,62	2	207,81	3,83	0,0235
Error	10044,6	185	54,3		
Total	18602,8	190			

% CV	10,5
------	------

Anexo 17: Análisis de varianza para la fracción digerida de materia orgánica

Análisis de varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Rastrojo	248,46	2	124,23	4,29	0,0151
Aditivo	1167,16	1	1167,16	40,31	<0,0001
Rastrojo*Aditivo	312,03	2	156,02	5,39	0,0053
Error	5357,11	185	28,96		
Total	7088,79	190			

% CV	9,71
------	------

Anexo 18: Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad de proteína cruda

Análisis de varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Rastrojo	8266,16	2	4133,08	24,65	<0,0001
Aditivo	95,48	1	95,48	0,57	0,4528
Rastrojo*Aditivo	14,74	2	7,37	0,04	0,957
Error	12741,04	76	167,65		
Total	21303,3	81			

% CV	15,09
------	-------

Anexo 19: Análisis de varianza para la fracción digerida de proteína cruda

Análisis de varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Rastrojo	12,01	2	6,01	10,55	<0,0001
Aditivo	0,94	1	0,94	1,65	0,2022
Rastrojo*Aditivo	0,59	2	0,29	0,52	0,5995
Error	43,27	76	0,57		
Total	55,54	81			

% CV	16,03
------	-------

Anexo 20: Pruebas de Tukey para consumo y digestibilidad de rastrojos de cosecha (yacón, kiwicha y maíz)

Tratamiento	Rastrojo	Aditivo	Consumo de MS	Consumo de MO	Consumo de PC	CDA de MS	Fracción digerida de MS	CDA de MO	Fracción digerida de MO	CDA de PC	Fracción digerida de PC
T1	Yacón	Sin enzima	45,61 ^b	40,25 ^b	5,69 ^b	58,69 ^a	26,90 ^{ab}	60,63 ^a	24,51 ^{ab}	31,43 ^a	1,79 ^a
T2	Yacón	Con enzima	51,11 ^c	45,29 ^c	5,70 ^b	62,92 ^{ab}	32,29 ^{cd}	63,62 ^{ab}	28,93 ^c	34,92 ^a	2,26 ^{ab}
T3	Kiwicha	Sin enzima	40,25 ^a	34,91 ^a	4,97 ^a	65,63 ^{bc}	26,17 ^a	66,71 ^b	23,09 ^a	57,27 ^b	2,94 ^b
T4	Kiwicha	Con enzima	46,65 ^b	40,65 ^b	5,30 ^{ab}	75,27 ^{de}	35,46 ^d	76,44 ^c	31,41 ^c	59,09 ^b	3,08 ^b
T5	Maíz	Sin enzima	43,65 ^{ab}	37,89 ^{ab}	4,76 ^a	70,72 ^{cd}	30,95 ^{bc}	74,30 ^c	28,31 ^c	52,83 ^b	2,53 ^{ab}
T6	Maíz	Con enzima	44,51 ^{ab}	38,65 ^{ab}	4,83 ^a	77,55 ^e	34,69 ^{cd}	78,45 ^c	30,45 ^c	54,19 ^b	2,58 ^{ab}
Variable rastrojo	Yacón		48,36 ^a	42,77 ^a	5,69 ^a	60,80 ^a	29,60 ^a	62,12 ^a	26,72 ^a	33,17 ^a	2,03 ^a
	Kiwicha		43,45 ^a	37,78 ^a	5,13 ^b	70,45 ^b	30,82 ^{ab}	71,57 ^b	27,25 ^{ab}	58,17 ^b	3,01 ^b
	Maíz		44,08 ^b	38,27 ^b	4,80 ^c	74,14 ^c	32,82 ^b	76,38 ^c	29,38 ^b	53,51 ^b	2,55 ^b
Variable enzima		Sin enzima	43,17 ^a	37,68 ^a	5,16 ^a	65,01 ^a	28,01 ^a	67,21 ^a	25,30 ^a	47,17 ^a	2,42 ^a
		Con enzima	47,42 ^b	41,53 ^b	5,25 ^a	71,91 ^b	34,15 ^b	72,84 ^b	30,26 ^b	49,58 ^a	2,64 ^a

MS: Materia seca

MO: Materia orgánica

PC: Proteína cruda

CDA: Coeficiente de digestibilidad aparente

abcd: letras distintas indican diferencias significativas al 5% prueba de Tukey