



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



“EVALUACIÓN DEL YANA LLACHU FRESCO (*Elodea potamogeton*) COMO FUENTE DE VITAMINA C EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus L.*)”

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. REYNA ADELAIDA HUACASI HUACASI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO - PERÚ

2016



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre Juan Francisco y a mi madre Sabina por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Inculcaron en mi persona, mis valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, coraje para conseguir mis objetivos. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

Reyna Adelaida



RECONOCIMIENTO

Al Sr. Ph. D. Bernardo Roque Huanca por su invaluable ayuda, consejos y su constante orientación que hizo posible la realización del presente estudio.

A los científicos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Estación Experimental Illpa, por su apoyo académico y logístico, en especial al Mg. Luis Abarca Bejarano, MVZ Rubén H. Mamani Cato y a otros.

Reyna Adelaida



AGRADECIMIENTOS

A Dios quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar la carrera universitaria.

A mis hermanos, Jhon y Mirma por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

A mis amigas, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento, seguimos siendo amigas: Gaby, Lidia, Ana rosa, Évila.

A mi amigo Roberto, Carlos, Sr. Hugo, Luis, Adonay, Ensminger, Sandro, Eduardo, René por las palabras de aliento, apoyo moral e incondicional.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)- Puno, Estación Experimental Illpa, en especial al Área de Crianza de Animales Menores, por las facilidades y el apoyo logístico en la tesis.

A menuda nos topamos con visionarios, motivadores o ejecutores; pero solo en contadas ocasiones tenemos la suerte de coincidir en tiempo y espacio con quien sea los tres en uno. Trabajar bajo la tutoría de alguien así es una gran fortuna. Quisiera agradecer a mi asesor y maestro el Mg. Cs. Luis Américo Abarca Bejarano.

Reyna Adelaida



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN 7

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	Elodea potamogeton (Yana llachu).....	10
2.2	Características morfológicas	10
2.3	Alimentación de los cuyes	12
2.4	Cecotrofia	15
2.5	Necesidades nutritivas del Cuy	16
2.5.1	Energía.....	16
2.5.2	Proteínas	17
2.5.3	Fibra.....	18
2.5.4	Grasa.....	18
2.5.5	Minerales	18
2.5.6	Vitaminas.....	19
2.5.7	Agua	20
2.6	Ganancia de peso.....	21
2.7	Conversión alimenticia.....	23
2.8	Vitamina C	24
2.9	Vitamina C en las plantas.....	25
2.10	Vitamina C en los animales.....	25
2.11	La vitamina C en la nutrición del cuy	27
2.12	La pérdida de la biosíntesis de vitamina C.....	28
2.13	Reciclaje de vitamina C	30
2.14	Importancia de la vitamina C.	31
2.15	Fuentes de vitamina C.....	31
2.16	Deficiencia de vitamina C en cuyes.	31



2.17	Requerimiento de vitamina C en cuyes.....	32
2.18	Determinación de vitamina C en los forrajes frescos.....	33
2.18.1.	Yodometría.....	33
2.18.2.	Procedimiento.....	34

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Ámbito de estudio	36
3.2	Material experimental	36
3.2.1	Instalaciones	36
3.2.2	Animales.....	36
3.2.3	Alimentos	37
3.2.4	Equipos	38
3.3	Metodología	40
3.3.1	Determinación de la composición química de yana llachu fresco.	40
3.3.2	Determinación del contenido de vitamina C en yana llachu fresco.	41
3.3.3	Determinación del efecto del yana llachu fresco sobre la salud de cuyes. ...	43
3.3.4	Determinación del efecto del yana llachu fresco sobre la producción de cuyes.	43
3.4	Análisis estadístico.....	44

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Composición química del yana llachu fresco.....	46
4.2	Contenido de vitamina C en yana llachu fresco (Elodea potamogeton).	48
4.3	El yana llachu fresco en la protección del escorbuto.	49
4.4	El yana llachu fresco en el rendimiento productivo.....	52
V.	CONCLUSIONES.....	56
VI.	RECOMENDACIONES.....	57
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.....		65



RESUMEN

El trabajo se realizó en la Estación Experimental Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), con los objetivos de determinar la composición química y el contenido de vitamina C del yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*), así como sus efectos sobre la salud y la producción de cuyes (*Cavia porcellus L.*). Se utilizó una muestra de 30 cuyes machos en crecimiento de la línea Perú distribuidos en 5 grupos de 6 animales por grupo. Los tratamientos fueron tres dietas experimentales conformadas por una dieta basal con adición de yana llachu fresco (25, 50 y 75 g/d) y dos dietas control (dieta basal sin adición de vitamina C y dieta basal con adición de vitamina C comercial). La composición química se determinó a través de los métodos oficiales de la AOAC; y el contenido de vitamina C, por yodometría. Los efectos sobre la salud y la producción, mediante el seguimiento clínico y productivo de los animales en una prueba de alimentación durante 56 días. Los resultados de la composición química mostraron que el yana llachu fresco es un forraje de alta humedad ($93.25 \pm 0.48\%$), la materia seca está conformada por $6.05 \pm 0.003\%$ de grasa bruta, $38.00 \pm 3.98\%$ de fibra detergente neutro, $19.31 \pm 0.80\%$ de proteína cruda y de $17.89 \pm 1.50\%$ de cenizas totales. El contenido de vitamina C fue de 3.92 ± 1.26 mg/g de llachu fresco. Los cuyes alimentados con la dieta basal sin vitamina C enfermaron, pero ninguno murió de escorbuto; los alimentados con yana llachu fresco, si se mantuvieron saludables. Los datos concernientes a: consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia se sometieron a un Diseño Completamente al Azar y el Análisis de Varianza muestra que la respuesta productiva de los cuyes alimentados con las dietas experimentales se manifestó de manera similar con relación a los de control, a partir de estos resultados se establece que el llachu es fuente de vitamina C, útil para la protección de la salud y la mejora de la respuesta productiva en cuyes.

Palabras claves: conversión alimenticia, consumo de alimento, cuy, ganancia de peso, llachu, vitamina C.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus* L.), al igual que el mono y el humano, es incapaz de elaborar vitamina C en su organismo debido a que carece de la enzima L-gamma-gulono-lactona oxidasa (GULO), por lo que es dependiente de fuentes dietarias de este micronutriente (Burns et al., 1956). La deficiencia de vitamina C en el cuy causa escorbuto severo y está asociada con defectos en el tejido conectivo, particularmente con la cicatrización de las heridas donde la hemorragia es la manifestación más prominente atribuida a la inhabilidad del organismo para mantener la integridad capilar (Friederici et al., 1966).

Los pastos y forrajes constituyen los recursos más importantes en la alimentación de los animales herbívoros domésticos y silvestres, son también fuentes naturales importantes de vitaminas (Elgersma et al., 2012); sin embargo, la mayoría de los estudios sobre el contenido de vitaminas en los pastos y forrajes se han realizado con especies de interés agronómico, tales como ryegrass perenne y trébol blanco, evidenciándose en estas plantas su riqueza en α -tocopherol y β -carotenos de mucha utilidad en las dietas de los animales rumiantes (Agabriel et al., 2007), pero muy pocos estudios se han realizado sobre el contenido de vitamina C en los pastos y forrajes.

La alimentación de cuyes en altura está sujeta a la disponibilidad estacional de forrajes, siendo la época seca la más crítica, debido a que en esta época solo se dispone de forrajes secos, fibrosos y pobres en vitamina C, debido a que el secado destruye gran parte de la vitamina (Vyankatrao, 2015). Los estudios han mostrado que los forrajes acuáticos son fuentes importantes de nutrientes (proteína y minerales), análogos a la alfalfa, y fuentes de vitamina C (Mahendranathan, 1971) pudiendo constituirse en un recurso alternativo



para la alimentación de cuyes en época seca; sin embargo, muy poca investigación se ha realizado sobre su valor nutricional y particularmente sobre su contenido de vitamina C.

El trabajo consiste en la evaluación del yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*), un recurso forrajero alternativo no convencional que abunda en las fuentes de agua del Dpto. de Puno (Carpio, 1989), como fuente de vitamina C en la alimentación de cuyes, con los objetivos de determinar su composición química y contenido de vitamina C, su efecto sobre la protección del escorbuto y sobre la producción, realizado en condiciones de extrema altitud.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Elodea potamogeton (Yana llachu)

La *Elodea potamogeton* “yana llachu” es una planta acuática que se encuentra distribuida en la bahía de puno, mide 1.5 a 2.5m de altura, de mayor abundancia en biomasa, con una mayor concentración de fósforo y nitrógeno y una mayor capacidad de fijación de bacterias, destinadas al uso de forraje para la ganadería de la zona ribereña del lago Titicaca (Carpio, 1989).

Ubicación taxonómica

Según Carpio (1989), la especie “yana llachu” corresponde a la ubicación taxonómica siguiente:

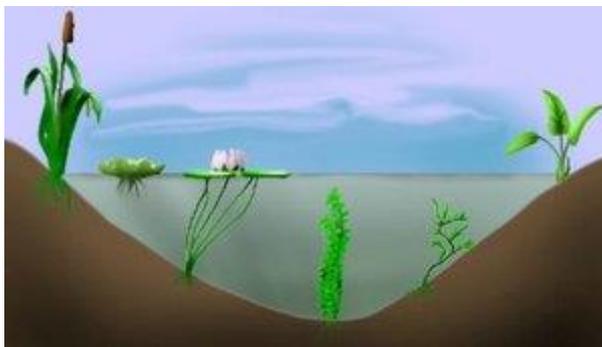
Reino:	Vegetal
División:	Phanerogamae
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Monocotiledoneae
Orden:	Helobiales
Familia:	Hidricaritáceae
Género:	Elodea
Especie:	Elodea potamogeton Espinosa
Nombre común:	“Yana Llachu”, “chinco”, “chanco”

2.2 Características morfológicas

Las principales características morfológicas de la *Elodea potamogeton* E., como una planta acuática, herbácea, perennes y sumergida (Carpio, 1989).

Tallos: Laxos ramificados, hojas lineales o lanceoladas, opuestas sésiles y dispuestas en forma de verticilos de tres. Generalmente se produce en forma apomictica. Frutos: Indehiscente.

Figura N° 1. Ejemplo de Macrófitas.



Fuente: (<http://www.aquatic.uoguelph.ca/>).

Tabla N° 1. Composición química y valor nutritivo del Llachu expresado en porcentaje.

Material	M. S. (%)	P. C. (%)	E. E. (%)	F.C. (%)	Ceniza (%)	Nifex (%)
Yana Llachu	3.90	12.76	3.26	12.40	18.10	53.48
Hinojo Llachu	21.50	16.27	1.14	13.00	19.75	49.84

Fuente: Carpio (1989).

Las macrófitas que fijan mayor cantidad de nitrógeno y fósforo son *Potamogeton strictus*, seguida de *Elodea potamogeton* y *Cladophora* sp. Además tienen la capacidad para remover metales pesados, fósforo y otros contaminantes; servirían para el tratamiento de aguas residuales urbanas. En el lago existen dos grupos de plantas muy utilizadas por los



naturales: *Myriophyllum quitense* y *Elodea potamogeton* "shinquilla", por sus buenas cualidades forrajeras son cosechadas en forma racional cortándolas en la base y recogéndolas en balsas para luego llevarlas a las orillas, secarlas y dárselas al ganado mezcladas con pasto seco (Carpio, 1989).

2.3 Alimentación de los cuyes

El cuy, herbívoro monogástrico, tiene un estómago donde inicia la digestión enzimática y un ciego funcional donde ocurre la fermentación bacteriana, cuya actividad depende de la composición de la ración. Realiza cecotrofia para reutilizar el nitrógeno, lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína (Chauca, 1997).

El cuy se clasifica según su fisiología digestiva como fermentador posterior debido a los microorganismos que posee en el ciego. El movimiento de la digesta a través del estómago e intestino delgado es rápido, no demora más que 2 horas en llegar al ciego, mientras que en el ciego puede permanecer 48 horas (Vergara, 1992). Se conoce que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, siendo el ciego e intestino grueso donde se realiza la absorción de ácidos grasos de cadena corta. La absorción de los otros nutrientes se realiza en el estómago e intestino delgado incluyendo los ácidos grasos de cadena larga. El ciego de los cuyes es un órgano grande, constituye cerca del 15% del peso total (Chauca, 1997).

La producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y vitaminas del complejo B la realizan los microorganismos, en su mayoría bacterias Gram Positivas que pueden contribuir a cubrir los requerimientos nutricionales por reutilización del nitrógeno



a través de la cecotrofia, que consiste en la ingestión de las cagarrutas (Caballero, 2001).

Tabla N° 2. Capacidad fermentativa del tracto digestivo.

Especie	Retículo-rumen %	Ciego%	Colon y recto%	Total %
Vacuno	64	5	5.8	75
Ovino	71	8	4	83
Caballo	-	15	54	69
Cerdo	-	15	54	69
Cuy	-	46	20	66
Conejo	-	43	8	51
Gato	-	-	16	16

Fuente: Vergara (1992).

Con referencia a las dietas que exigen combinaciones de alimentos adecuados a los requerimientos nutritivos de los cuyes, las raciones en base a granos de cereales se preparan en forma de pellet, que actualmente es una práctica muy generalizada porque tales dietas contienen suficientes nutrientes para el desarrollo y reproducción, son fórmulas especiales para cuyes, en donde se pone especial cuidado a que contenga suficiente cantidad de ácido ascórbico (Calero del Mar, 1996).

La alimentación racional consiste en suministrar a los animales los alimentos conforme a sus necesidades fisiológicas y de producción, a fin conseguir el mayor provecho. No basta alimentar a los animales correctamente solo desde el punto de vista fisiológico sino también que los productos pecuarios se obtengan en la mejor situación de rendimiento, procurando que la alimentación resulte lo más barata posible (Moreno, 1989).

Respecto a la nutrición que como las demás especies juegan un rol importante en la explotación intensiva del cuy, por lo tanto las raciones que suministren ácido ascórbico,



puesto que el cuy no lo sintetiza a diferencia de los demás especies que si pueden hacerlo, requiriendo también de proteínas, grasa, fibra, carbohidratos, minerales y agua (Zaldívar, 1974).

El cuy es una especie herbívora por excelencia y generalmente muestra su preferencia sobre el forraje, existen ecotipos de cuyes que muestran eficiencia como animales forrajeros, el alimento debe ser proporcionado en cantidades suficientes, como para satisfacer necesidades de mantenimiento y producción. Las leguminosas (alfalfa, trébol, etc.), por su calidad nutritiva se comportan como un excelente alimento, mientras que las gramíneas tienen menor valor nutritivo (Abarca, 2003).

Los forrajes deben incluirse básicamente en toda dieta de cuyes, un animal en crecimiento debe consumir de 160 a 200 g al día. El forraje es la fuente fundamental de agua y vitamina C, que los cuyes utilizan para cubrir sus requerimientos nutritivos (Pozo, 1987). Una animal en crecimiento normalmente consume de 80 a 100 g de forraje a la cuarta semana de edad, llegando a consumir de 160 a 200 g forraje/animal/día a partir de la octava semana de edad, siendo estos aún mayores cuando se trata de reproductores 200 a 250 g (Aliaga, 1979) y en la etapa de lactación se suministra 350 a 400 g por hembra y sus crías (Moreno, 1989).

El alimento se debe suministrar dos veces al día de 30 - 40% del consumo diario en la mañana y en la tarde el 60 – 70% restante, si se efectúa dotación de concentrado debe hacerse en la mañana como primer alimento y luego el forraje (Revollo, 2005).

Las leguminosas por su calidad nutritiva, rica en proteínas y elevado contenido de vitaminas y calcio (Trujillo, 1992); se comportan como un excelente alimento, aunque en muchos casos la capacidad de ingesta que tiene el cuy no le permite satisfacer sus



requerimientos nutritivos. Las gramíneas tienen menor valor nutritivo por lo que es conveniente combinar especies gramíneas y leguminosas, enriqueciendo de esta manera las primeras (Chauca, 1997).

La alfalfa ocupa un lugar prominente porque supera en rendimiento a otras plantas henificables, también por su gustosidad, en riqueza de proteína, elevado contenido de calcio y en vitaminas. La alfalfa constituye uno de los mejores pastos para los cerdos, los caballos, y las aves. Señala que el heno de alfalfa tiene en proteína 14.8 % y son más digestibles, las hojas contienen dos veces más proteína que los tallos, de ahí que una pérdida importante de hojas no solo reduce el rendimiento de heno, sino que también aminora mucho su valor nutritivo (Morrison, 1991).

2.4 Cecotrofia

La cecotrofia es un proceso digestivo poco estudiado, siendo una actividad que explica muchas respuestas contradictorias halladas en los diferentes estudios realizados en pruebas de raciones; así, balanceados con niveles proteicos de 13 y 25% no mostraron diferencias en cuanto al crecimiento, esto puede deberse a la actividad cecotrofica. Los cuyes producen dos tipos de heces, de tal manera que las heces blandas (cecótrofos) son ingeridas durante la noche lo cual permite aprovechar la proteína contenida en las bacterias presentes en el ciego, así como reutilizar el nitrógeno proteico, y no proteico que no alcanzó a ser digerido en el intestino delgado (Chauca, 1997), las heces que ingiere el cuy actúan notablemente como suplemento alimenticio (Calero del Mar, 1978), y las heces duras son eliminadas (Revollo, 2003). Este proceso se basa en el “mecanismo de separación colónica” por el cual las bacterias presentes en el colon proximal son transportadas hacia el ciego por movimientos antiperistálticos para su fermentación y formación del cecótrofo, el cual es reingerido (Holtenius y Bjornhag, 1985).



El cuy tiene una gran capacidad de ingestión, por otro lado, tiene hábitos de alimentación diurnos y nocturnos, es decir come de día y de noche, lo que aumenta aún más su capacidad de ingestión. Tiene un ciego muy desarrollado, capaz de fermentar y aprovechar muy bien la fibra vegetal (Serrahima, 2004).

2.5 Necesidades nutritivas del Cuy

La nutrición juega un rol primordial, por lo tanto, las raciones que se suministren deben contener todos los nutrientes, especialmente ácido ascórbico, puesto que el cuy no lo sintetiza a diferencia de los demás especies que si pueden hacerlo (Aliaga, 1979).

Los nutrientes son sustancias que se encuentran en los alimentos y que el animal utiliza para mantenerse, crecer, y reproducirse. Los animales necesitan diferentes proporciones de nutrientes. El valor nutritivo de los alimentos está en función de su composición química, mientras que su metabolización depende de la digestibilidad del animal y del consumo voluntario (Rico, 1995).

La nutrición juega un rol muy importante en toda explotación pecuaria, el adecuado suministro de nutrientes conlleva a una mejor producción. El conocimiento de los requerimientos nutritivos de los cuyes nos permitirá poder elaborar raciones balanceadas que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción. Aún no han sido determinados los requerimientos nutritivos de los cuyes productores de carne en sus diferentes estadios fisiológicos (Correa, 1994).

2.5.1 Energía

El nivel de energía digestible de 300 Kcal/kg de dieta, en general, al evaluar raciones con diferente densidad energética, se encontró mejor respuesta en ganancia de peso y



eficiencia alimenticia con las dietas de mayor densidad energética (El National Research Council 1995, citado por Chauca, 1997).

En un estudio realizado con cuyes de ambos sexos para evaluar raciones para el periodo de crecimiento con niveles de 2678, 2436 y 2190 Kcal. De energía metabolizable/Kg. Se observó un mayor incremento de pesos finales con las dietas que contenían una mayor concentración de energía (Carrasco, 2009).

2.5.2 Proteínas

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

El cuy responde mejor a las raciones de 20% de contenido proteico cuando estas provienen de dos o más fuentes, sin embargo se han reportado raciones con 14% y 17% de proteína que han logrado buenos incrementos de peso (Aliaga, 1979).

Al evaluar niveles bajos (14%) y altos (28%) de proteína en raciones para crecimiento, se observó mayores ganancias de peso, aumento en el consumo y una mayor eficiencia, en los cuyes que recibieron las raciones con los menores niveles proteicos (Chauca, 1997).

Los forrajes más ricos en proteína son las leguminosas; alfalfa (*Medicago sativa*), trébol (*Trifolium pratense*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*), garrotilla (*Medicago polymorpha*); las gramíneas son buenas fuentes de energía y tienen un contenido bajo en proteínas entre ellas las que más se utilizan para la alimentación de cuyes con el maíz forrajero, el Rye grass y el pasto elefante (Rico y Rivas, 2003).



2.5.3 Fibra

Los cuyes son más eficientes en la digestión del extracto libre de nitrógeno de alfalfa que los conejos y que digieren la materia orgánica y fibra cruda tan eficientemente como los caballos y los ponies con un valor 38%, mientras que los conejos llegan solo a un 16.2% de coeficiente de digestibilidad (Aliaga, 1979).

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes va de 5 a 18%. Cuando se trata de alimentar a los cuyes como animales de laboratorio, donde solo reciben como alimento una dieta balanceada, esta debe tener porcentajes altos de fibra, asimismo este nutriente no solo tiene importancia en la composición de las raciones por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino también porque su inclusión es necesaria para favorecer su digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el pasaje del contenido alimenticio (Chauca, 1997).

2.5.4 Grasa

El cuy tiene un requerimiento definido por ácidos grasos insaturados en la dieta. La carencia de grasa y ácidos grasos insaturados produce un retardo en el crecimiento, desarrollando un síndrome que es caracterizado por dermatitis, pobre crecimiento de pelo, úlceras en la piel, pérdida de pelo y anemia micro cítica, sintomatología corregible con la inclusión de grasas que contengan ácido linoleico en una cantidad de 4 g/Kg de ración. Los cuyes no utilizan las grasas saturadas eficientemente (Aliaga, 1979).

2.5.5 Minerales

El cuy como otros herbívoros está acostumbrado a una alta ingestión de minerales. Es de importancia en la actividad de cada elemento la relación Ca: P de la dieta, al respecto se



encontró que un desbalance de estos minerales producía una lenta velocidad en el crecimiento, rigidez en la articulaciones por la alta incidencia de depósitos de sulfato de calcio en los tejidos blandos con alta mortalidad (Aliaga, 1979).

Los minerales forman los huesos y los dientes principalmente. Si los cuyes reciben cantidades adecuadas de pastos, no es necesario proporcionarles minerales en su alimentación, algunos productores proporcionan sal a sus cuyes, pero no indispensable si reciben forraje de buena calidad y en cantidad apropiada (Rico y Rivas, 2003).

2.5.6 Vitaminas

Las vitaminas activan las funciones del cuerpo, ayudan a los animales crecer rápido, mejoran su reproducción y los protegen contra varias enfermedades. Las vitaminas más importantes en la alimentación de los cuyes es la vitamina C. su falta produce serios problemas en el crecimiento y en algunos casos puede causarles la muerte. El proporcionar forraje fresco al animal asegura una suficiente cantidad de vitamina C (Rico y Rivas, 2003).

La deficiencia de vitamina C produce en el cuy el escorbuto, cuyos síntomas son el cambio de los dientes, hemorragias, fragilidad de los huesos, mala cicatrización de las heridas y pérdida de vigor. Las articulaciones se inflaman y el animal se niega a apoyarse en ellas, adoptando una posición característica; se le denomina “posición escorbútica”, además tiene cojera y resistencia a moverse ya que al hacerlo se produce dolor, igualmente pérdida de peso. Los cuyes presentan una disminución de temperatura del cuerpo en los últimos estados y una tendencia a la diarrea; tienen la tendencia a echarse en la posición de “cara”. Muestran en general cambios degenerativos y si no se realiza el tratamiento la muerte puede sobrevenir (Revollo, 2005).



2.5.7 Agua

El agua es el componente más importante para los tejidos vivos y constituye un medio para transporte de nutrientes, es capaz de reaccionar con un aserie de sustancias químicas, es un buffer térmico, facilita la absorción de nutrientes y le confiere turbidez a la estructura celular (Cañas, 1995).

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 asociado 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 verde, si está muy maduro y/o seco (Rico y Rivas, 2003).



Tabla N° 3 Los principales requerimientos nutricionales de los cuyes (100% de materia seca).

NUTRIENTES	CONCENTRACIÓN DE LA DIETA
Proteína, (%)	18.0
Energía Digestible, (Kcal/kg.)	3000.0
Fibra, (%)	10.0
Ácido Graso Insaturado (%)	<1.0
<u>Aminoácidos</u>	
Arginina, (%)	1.2
Histidina, (%)	0.35
Isoleucina, (%)	0.6
Leucina, (%)	1.08
Lisina, (%)	0.84
Metionina, (%)	0.6
Fenilalanina, (%)	1.08
Triptófano, (%)	0.18
Valina, (%)	0.84
<u>Minerales</u>	
Calcio, (%),	0.8-1.0
Fosforo, (%)	0.4-0.7
Magnesio, (%)	0.1-0.3
Potasio, (%)	0.5-1.4
Zinc, (mg/kg.)	20.0
Manganeso, (mg/kg.)	40.0
Cobre, (mg/kg.)	6.0
Fierro, (mg/kg.)	50.0
<u>Vitaminas</u>	
Vitamina A, (UI/Kg)	1000.0
Vitamina D, (UI/Kg)	7.0
Vitamina E, (UI/Kg)	50.0
Vitamina K, (mg/kg.)	5.0
Vitamina C, (mg/kg.)	200.0
Riboflavina, (mg/kg.)	3.0
Niacina, (mg/kg.)	10.0
Piridoxina, (mg/kg.)	3.0
Ácido pentatónico, (mg/kg.)	20.0
Ácido fólico, (mg/kg.)	4.0
Vitamina B12, (mg/kg.)	10.0

fuelle: National Research Council (1995).

2.6 Ganancia de peso

La ganancia de peso está relacionado directamente con factores de selección genética, alimentación y manejo (Rico y Rivas, 2003).

Menciona en una tesis realizada en cuyes (Puno), “Tiempo óptimo de beneficio económico de cuyes”; el peso vivo final promedio general que obtuvo fue de 1131.63g (estudio durante 13 semanas) la alimentación fue a base de alfalfa, cebada y nabo silvestre; ganancia diaria de peso vivo en promedio general fue de 8.42 g. (Chambilla, 2002).

Los resultados de los pesos iniciales y finales, así como de la ganancia de peso diario, semanal y total, de los tratamientos durante las trece semanas de evaluación; se observa que la línea Perú es el mejor en comparación a otra líneas (Dulanto, 1999).

Tabla N° 4. Pesos iniciales, finales, ganancia de peso diario, semanal y total en progenies.

Parámetros	Peso inicial (g.)	Peso final (g.)	Ganancia total (g.)	Ganancia semanal (g.)	Ganancia diaria (g)
Línea Perú	291.02	1150.9	859.88	78.17	11.17
Línea Inti	262.61	1010.61	747.81	67.98	9.71
Línea Andina	253.88	900.63	646.75	58.80	8.40

Fuente: (Dulanto, 1999).

Con alimentación de cebada germinada más alimento balanceado 1.50 g, forraje verde hidropónico más 40 g de avena se obtuvo 8.19 g/día/cuy de ganancia de peso vivo (Moreno, 1994).

Las ganancias de peso vivo reportados en diferentes estudios son muy variados, y ello era de esperarse ya que los incrementos/día, están en función de la calidad del alimento, de los insumos que constituyen la ración, su calidad, textura, sabor, etc; además del factor

genético de los animales. La bibliografía menciona un rango de 4 a 10 g diarios de incremento, siendo de 6 a 8.5 g la mayor frecuencia de los resultados (Cotacallapa, 1988).

2.7 Conversión alimenticia

La capacidad de conversión alimenticia por cuy es alta y en estudios realizados comparados con otros animales productores de carne resulta de la siguiente manera (Gil, 2004):

Tabla N° 5. Habilidad de consumo de diferentes especies.

especie	Peso vivo promedio (kg)	Consumo de forraje/día/kg	%forraje consumido/día/PV	Incremento PV/prom./día/g	% incremento diario de peso
Cuy	0.8	0.25	31.25	0.007	0.88
Ovino	40.00	5.00	12.50	0.120	0.30
vacuno	500.00	50.00	10.00	1.00	0.2

Fuente: Gil (2004)

Las conversiones alimenticias durante las trece semanas de evaluación experimental; con la prueba de Duncan para promedios de tratamientos, resultan todos homogéneos; sin embargo, entre sexos hubo diferencias significativas, siendo superiores los machos a las hembras; al realizar los efectos simples para cada tratamiento los machos de la línea Perú mostraron diferencias significativas (Dulanto, 1999).

Tabla N° 6. Comparación de consumo y conversión alimenticia en líneas de cuyes.

Consumo de materia seca	Línea Perú	Línea Inti	Línea Andina
Alimento balanceado (g)	2867.91	2281.67	2002.35
Maíz chala (g)	1112.09	1112.09	1112.09
Total (g)	3980	3393.76	3114.40
Semanal (g)	361.82	308.52	283.13



Diario (g)	51.69	44.07	40.45
Conversión alimenticia	4.63	4.54	4.82

Fuente: Dulanto (1999).

En un estudio de comparación de consumo de alimento básico (alfalfa) y conversión alimenticia entre cuyes de la línea nativa Boliviana y línea Peruana en la fase de recría. El efecto de la línea fue altamente significativo sobre el carácter peso e incremento de peso del nacimiento hasta la saca. La Línea Peruana obtuvo un mejor incremento de peso y conversión alimenticia en comparación a la Línea Nativa Boliviana (Trujillo, 1992).

Tabla N° 7. Comparación de consumo de alimento y conversión alimenticia por línea.

Línea	Peso saca (g)	Consumo(g. MS/día)	Conversión alimenticia
Línea-Nativa Boliviana	708.5	44.4	15.5
Línea-Peruana Mejorada	1162.3	60.4	9.3

Fuente: Trujillo (1992).

La conversión alimenticia depende de algunos factores genéticos, habilidad del individuo, calidad del alimento, sanidad y manejo (Moreno, 1994).

2.8 Vitamina C

La vitamina C (ácido L-ascórbico) es un sólido cristalino blanco, inodoro, soluble en agua y ligeramente soluble en disolventes orgánicos. El ácido ascórbico en frutas y verduras se destruye por altas temperaturas durante un período prolongado. Además, sufre oxidación irreversible, perdiendo su actividad biológica en los alimentos frescos almacenados por largos períodos.



Tabla N° 8 Propiedades físicas de la vitamina C

Propiedades	equivalencia
Formula molecular	$C_6 H_8 O_6$
Apariencia	Blanco o ligeramente amarillo
Solubilidad en agua	$33 \text{ g } 100 \text{ ml}^{-1}$
Solubilidad en etanol	$2 \text{ g } 100 \text{ ml}^{-1}$
Solubilidad en otros solventes	Insoluble en dietileter, cloroformo, benceno y aceites

Fuente: Khan et al. (2011).

2.9 Vitamina C en las plantas

El ácido L-ascórbico (vitamina C) es tan esencial para las plantas como para los animales. En las plantas, esta vitamina es el antioxidante hidrosoluble más abundante; sirve como cofactor de las enzimas involucradas en la fotosíntesis, la biosíntesis de hormonas y la regeneración de los antioxidantes tales como el α -tocoferol (Gallie, 2012). A diferencia de los animales donde existe una sola ruta metabólica de biosíntesis del ácido ascórbico, las plantas utilizan múltiples rutas para sintetizar el ácido ascórbico, lo cual refleja la importancia de esta vitamina en la salud vegetal (Gallie, 2012).

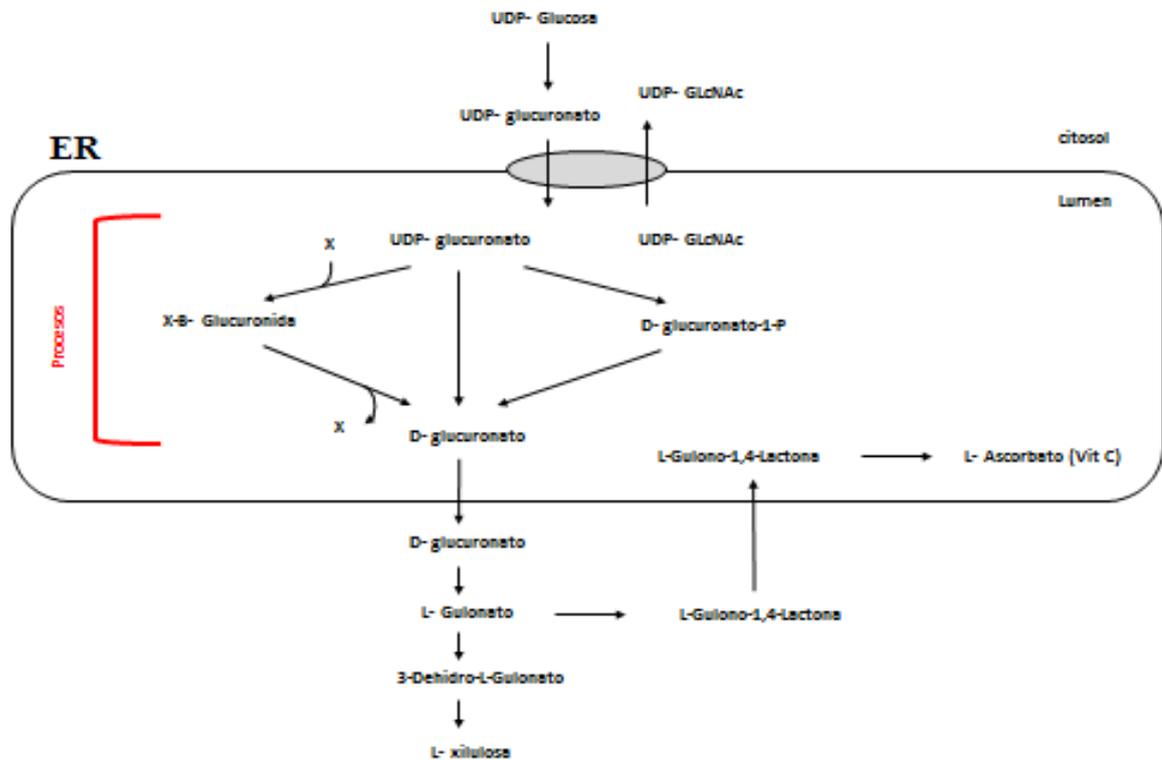
La vasta mayoría de las plantas y los animales son capaces de sintetizar vitamina C, a través de una secuencia de pasos conducidos por enzimas, el cual convierte los monosacáridos en vitamina C. En las plantas esto es realizado a través de la conversión de manosa o galactosa a ácido ascórbico (Wheeler et al., 1998).

2.10 Vitamina C en los animales



La vitamina C se sintetiza en los microsomas de las células hepáticas y renales. En los mamíferos, el ácido D-glucurónico se genera a partir de D-glucosa a través de los productos intermedios: D-glucosa-1-P, UDP-glucosa, ácido UDP-D-glucurónico, ácido 1-p-UDP-D-glucurónico y ácido D-glucurónico (Figura 2). el ácido D-glucurónico luego se convierte en ácido L-gulónico por glucuronato reductasa que luego se convierte a gulono-1,4-lactona por aldono-lactonasa (aka. gluconolactonasa). El ácido L-ascórbico se genera a partir gulono-1,4-lactona a través de la acción de gulono-1,4-lactona oxidasa que produce 2-ceto-gulono-lactona que convierte espontáneamente a L-ácido ascórbico (Burns, 1967). En los animales, la vitamina C se sintetiza a partir del glucoronato, el cual es primero reducido a L-gulonato. Luego de la lactonización, el último es oxidado por L-gulonolactona oxidasa, una enzima que es deficiente en humanos, primates y cuyes (Fig. 2).

Figura 2. Formación de ácido L-ascórbico y L-xilulosa a partir de UDP-glucuronato en el hígado.



Fuente: Burns (1967).

2.11 La vitamina C en la nutrición del cuy

La vitamina C, también conocida como L-ácido ascórbico (L-AA), es una pequeña molécula de carbohidrato ($C_6H_8O_6$), identificado por primera vez por Albert von Szent Györgyi en el año 1920, quien descubrió que esta vitamina era capaz de prevenir y curar el escorbuto, denominándole como ácido “ascórbico” que literalmente significa “contra el escorbuto” (del inglés "Ascorbic" "against scurvy"). El escorbuto es una condición patológica que amenaza la vida de las personas, monos y cobayos que no tienen acceso a las frutas, verduras o alimentos vegetales frescos durante largos períodos de tiempo (De Tullio, 2012).



Los animales con restricción dietaria de vitamina C experimentan una rápida disminución de las concentraciones de la vitamina en su organismo. Así por ejemplo, un estudio comparó ratones *Gulo* incapaces de sintetizar vitamina C y ratones silvestres, mediante exámenes de plasma sanguíneo por 5 semanas. Los resultados mostraron que las concentraciones de vitamina C en el plasma y los órganos de los ratones *Gulo* disminuyeron drásticamente en 1 semana después de la restricción, mientras que la pérdida de peso se observó en 3 semanas post restricción (Kim et al., 2012).

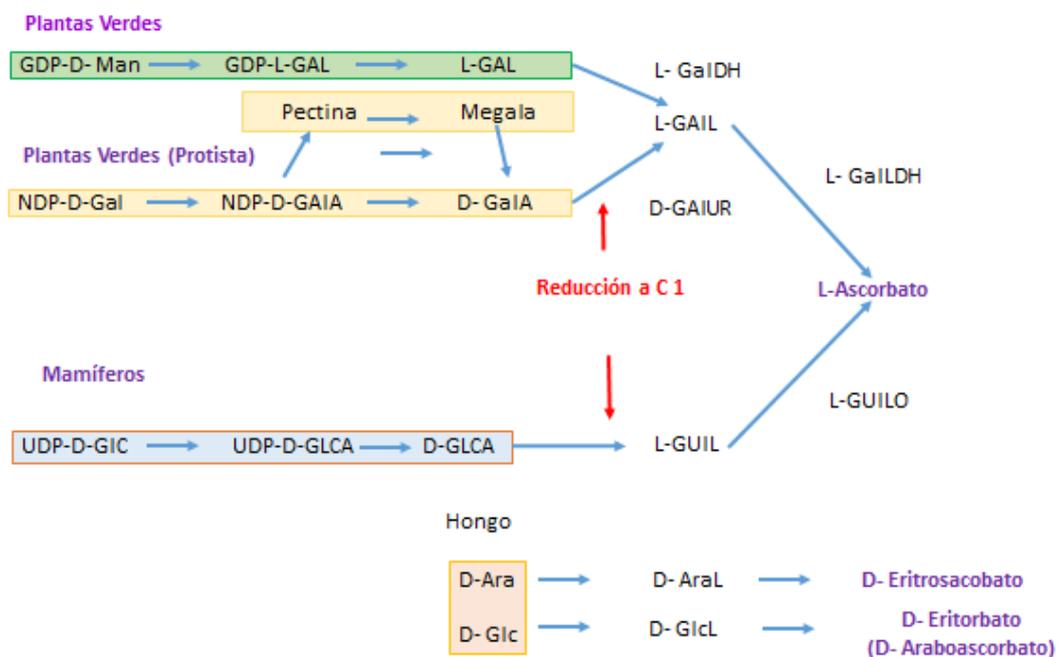
2.12 La pérdida de la biosíntesis de vitamina C

De Tullio (2010), en cada paso de la ruta biosintética, un sustrato se convierte en producto en una reacción catalizada por una enzima. El producto de esta reacción se convierte en el sustrato de la segunda reacción y así sucesivamente hasta el producto final (Fig. 3). Los gatos y perros, pueden biosintetizar su propia provisión de vitamina C, los humanos son incapaces de hacerlo. Las células humanas no pueden realizar el último paso crucial de la biosíntesis de vitamina C, la conversión de L-gulonolactona en ácido ascórbico, lo cual es catalizado por la enzima gulonolactona oxidasa (GULO). El siguiente paso fue dado por Nishikimi y Yagi (1991) quienes encontraron que el gen que codifica la gulonolactona oxidasa está presente en humanos, pero está inactivo debido a la acumulación de varias mutaciones que lo cambiaron en un pseudogen no funcional. En realidad, no solo el humano, sino también el gorila, chimpancé, orangután y algunos monos tienen este defecto genético congénito, significando que la pérdida de la biosíntesis de vitamina C debe haber ocurrido primero en alguno de nuestros ancestros primates.

Solo un pequeño número de especies de mamíferos, tales como los cuyes, (Familia Caviidae, Orden Rodentia), los primates en el suborden Haplorrhini (humanos, monos,

prosimios tarseros) y los murciélagos (todas las familias, Orden Chiroptera) son incapaces de sintetizar vitamina C debido a la falta de la actividad de la oxidasa de L-gulonolactona (GULO), la enzima que cataliza el último paso en la biosíntesis de la vitamina C, en sus hígados (Cui et al., 2011).

Figura 3. Formación de ácido L-ascórbico y L-xylulosa a partir de UDP-glucuronato en la planta.



Fuente: Nishikimi et al. (1992).

No pueden sintetizar vitamina C debido a que carecen de la enzima L-gulonolactona oxidasa (GULO) requerida en la última etapa de la biosíntesis de la vitamina C. En lugar de eso tienen un gen diferente incapaz de codificar la síntesis de la enzima (Pseudogene GULO). Un gen similar no funcional está presente en el genoma de los cuyes (Nishikimi et al., 1992) y en los primates, incluyendo los seres humanos (Ohta y Nishikimi, 1999). Algunas de estas especies (incluido los humanos) son capaces de conformarse con los



niveles más bajos disponibles de sus dietas por reciclaje oxidativo de vitamina C (Montel-Hagen et al., 2008).

2.13 Reciclaje de vitamina C

El requerimiento particular de vitamina C es importante debido a la deficiencia genética de la enzima l-gulonolactona oxidaza necesaria para la síntesis de esta vitamina a partir de la glucosa (Chauca, 1995).

La absorción de ácido ascórbico es rápida y completa cuando se suministra por vía oral o parenteral. Se encuentra en todos los tejidos pero, de manera especial en las glándulas de secreción interna, el hígado y el cerebro; es decir en los tejidos metabólicamente activos; exceptuando el musculo. Está presente en su mayor parte en su forma reducida. Cualquier cantidad de vitamina C que se ingiere o se inyecte por encima de las necesidades es excretada cuantitativamente por la orina, porque su almacenamiento es muy limitado debiendo administrarse en forma regular (Maynard *et al.*, 1995).

La vitamina tiene una característica especial: es muy frágil, se oxida con facilidad y no sobrevive por mucho tiempo al aire libre ni expuesta al calor; lo cual hay que tener muy en cuenta para su correcta ingesta ya que pierde rápidamente sus propiedades. Los alimentos preparados y complementos que se supone llevan vitamina suelen ser completos, pero hay que tener en cuenta la característica termolábil. Al envasar el alimento, puede que en efecto, contenga esta vitamina, pero sea podido destruir debido a la exposición al sol (altas temperaturas) o al prolongado tiempo que lleva envasado (Caycedo, 1999).



2.14 Importancia de la vitamina C.

La vitamina C es vital para mantener una buena salud; es esencial para un metabolismo normal, es importante su participación en la formación del colágeno (sustancia de la cual depende la integridad de todos los tejidos fibrosos), también cumple una función importante en el sistema inmunológico. Al igual que los humanos y los primates, los cobayos requieren ingerir vitamina C a diario. Otros animales pueden producir vitamina C naturalmente y no requieren una fuente externa constante. No podemos depender de los pellets comerciales como fuente única de vitamina C. necesitamos darles verduras y frutas frescas. Si los cobayos no obtienen diariamente vitamina C, pueden desarrollar una enfermedad denominada escorbuto (Rico y Rivas, 2003).

2.15 Fuentes de vitamina C.

La mejor fuente de vitamina c es el forraje verde, de lo contrario será necesario suplementarlo en la dieta diaria ya sea en el agua o alimento (Hidalgo, 2011).

Las vitaminas activas las funciones del cuerpo, ayudan a los animales a crecer rápido, mejoran su reproducción y protegen contra varias enfermedades. El proporcionar forraje fresco al animal asegura una suficiente cantidad de vitamina C (Rico y Rivas, 2003).

2.16 Deficiencia de vitamina C en cuyes.

La deficiencia de vitamina C en cuy produce escorbuto, cuyos síntomas el cambio de voz (tercer día), encías inflamadas, sangrantes y ulceradas aflojamiento de los dientes, hemorragias, fragilidad de los huesos, mala cicatrización de heridas y pérdida de vigor.

Las articulaciones se inflaman, se vuelven dolorosas y el animal se niega a apoyarse en ellas adoptando una posición característica; se la denomina posición escorbútica, además



tiene cojera y resistencia a moverse ya que al hacerlo le produce dolor, igualmente pérdida de peso (Revollo, 2005).

2.17 Requerimiento de vitamina C en cuyes.

El requerimiento de vitamina C para los cuyes es de 4 mg de ácido ascórbico por cada 100 g de peso vivo para los animales de rápido crecimiento; 1 mg de ácido ascórbico por 100 g de peso vivo para proteger las lesiones patológicas (Aliaga, 1979).

El uso de vitamina C en el agua de bebida o alimento, teniendo en cuenta su estabilidad, por lo que se recomienda el de vitamina C protegida para evitar su degradación, asegurando de esta manera su ingestión por el animal (Vergara, 1992).

Los requerimientos de vitamina C son de un mg de ácido ascórbico por 100 g de peso vivo para prevenir las lesiones patológicas, 4 mg de ácido ascórbico por 100 g de peso es indicado para animales en crecimiento. Se debe tener en cuenta que el forraje no es un simple vehículo de vitamina C, esto quedó demostrado al administrar a un grupo de animales una cantidad de vitamina C equivalente a lo que recibía otro grupo de forraje (40 mg/día) donde el segundo grupo creció más. Trabajos realizados en el Perú demuestran que se obtienen mejores curvas de crecimiento en animales mayores de cinco meses suministrando 20 mg /animal/día de vitamina C sintética, cuando el suministro de forraje es restringido (60 g/animal/día). En cuanto a animales en crecimiento, se ha obtenido buenos resultados en ejemplares de 4 a 13 semanas de edad con 10 mg (Castro, 2001).



2.18 Determinación de vitamina C en los forrajes frescos

2.18.1. Yodometría.

La vitamina C (ácido ascórbico) es un antioxidante esencial para la nutrición humana. La deficiencia de vitamina C puede conducir a una enfermedad llamada escorbuto, que se caracteriza por anomalías en los huesos y los dientes. Muchas de las verduras y frutas contienen vitamina C, pero la cocción destruye esa vitamina, los jugos cítricos son la principal fuente de ácido ascórbico para la mayoría de la gente. Una forma de determinar la cantidad de vitamina C en los alimentos, es el uso de una titulación redox. La reacción redox es mejor que una valoración ácido-base, ya que hay ácidos adicionales en el jugo, pero pocos de ellos interfieren con la oxidación del ácido ascórbico por el yodo.

El yodo es relativamente insoluble, pero esto puede ser mejorado por complejos de yodo con yoduro para formar un triyoduro.

La vitamina C se oxida en triyoduro para formar ácido dehidroascórbico



Mientras que la vitamina C está presente en la solución, el triyoduro se convierte en el ion yoduro muy rápidamente. Cuando toda la vitamina C se oxida, el yodo en triyoduro estará presente; los cuales reaccionan con el almidón para formar un complejo azul-negro. El color azul-negro es de punto final de titulación.

Este procedimiento de titulación es apropiado para las pruebas de la cantidad de vitamina C en comprimidos de vitamina C, jugos y frutas frescas, congeladas o envasadas. La valoración se puede realizar utilizando solo una solución de yodo y no de yodato, pero la solución de yodato es más estable y da un resultado más preciso (Helmenstine, 2010).



2.18.2. Procedimiento

El primer paso es preparar las soluciones.

Solución de almidón al 1% como indicador

- Añadir 0.5 g de almidón soluble y 50 cerca de punto de ebullición del agua destilada.
- Mezclar bien y dejar enfriar antes de usar. (no tienen por qué ser un 1%, 0,5% está muy bien).

Solución de yodo

- disolver el yoduro de potasio 5.00 g (KI) y yoduro de potasio 0.268 g (KIO₃) en 200 ml de agua destilada.
- Añadir 30 ml de 3 M de ácido sulfúrico.
- Vierta esta solución en un cilindro de 500 ml y diluir gradualmente a un volumen final de 500 ml con agua destilada.
- Mezclar la solución.
- Transferir la solución a un vaso de 600 ml. La etiqueta del recipiente como su solución de yodo.

Vitamina C (solución patrón)

- Se disuelven 0,250 g de vitamina C (ácido ascórbico) en 100 ml de agua destilada.
- se diluye hasta 250 ml con agua destilada en un matraz aforado. La etiqueta del frasco como su solución de vitamina C estándar.
-



Soluciones estándar.

- Añadir 25.00 ml de solución de vitamina estándar a un matraz Erlenmeyer de 125 ml.
- Agregar 10 gotas de solución de almidón 1%.
- Enjuagar la bureta con una pequeña cantidad de solución de yodo y luego llenarlo. Registrar el volumen inicial.
- Se valora la solución hasta el punto final. Esto será cuando aparezca el primer signo de color azul que persiste después de 20 segundos de remolino de la solución.
- Registrar el volumen final de solución de yodo. El volumen que se requiere es el volumen inicial menos el volumen final.
- Se repite la valoración por lo menos dos veces más. Los resultados deben estar de acuerdo en 0.1 ml.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ámbito de estudio

El trabajo experimental se realizó en el galpón de cuyes de la Estación Experimental Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicado en el kilómetro 22 de la carretera Puno-Juliaca del distrito de Paucarcolla, Provincia y Departamento de Puno, a una altitud de 3,815 metros, 15°16'45" de latitud sur y 70°04'25" de longitud oeste, en la zona agroecológica Suni, Precipitación pluvial (mm) para Marzo 143,6 y Abril 86,2. Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

3.2 Material experimental

3.2.1 Instalaciones

Se utilizó cinco baterías de 6 jaulas individuales cada una, construidas de madera, con dimensiones de 30×25×35 centímetros (espacio para un cuy), protegidas con mallas metálicas (anexo 22); cada jaula provista de un comedero y bebedero cerámico, así como dispositivo de colección fecal.

3.2.2 Animales

Para el experimento se utilizó una muestra de 30 cuyes machos en crecimiento (recría) de la línea Perú (rojo y blanco), tipo I, clínicamente sanos, con un peso promedio de 357.2±54.5g, procedentes de la misma Estación Experimental Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).



El requerimiento de energía metabolizable de mantenimiento de cuyes de 400 a 600g de peso se estima en $136 \text{ Kcal/W}_{\text{Kg}}^{0.75}$, donde $W_{\text{Kg}}^{0.75}$ representa el peso corporal metabólico en kilogramos (NRC, 1995).

3.2.3 Alimentos

La dieta basal estuvo conformada por una mezcla de heno molido de avena, heno molido de alfalfa (ambos molidos a 8 mm de diámetro), grano molido de maíz, harina de soya y otros (Tabla 9), según las recomendaciones nutricionales para cuyes en crecimiento (NRC, 1995). La dieta 1 fue la misma dieta basal, sin vitamina C (control); las dietas 2, 3 y 4, tuvieron adición de yana llachu fresco, en cantidades de 25, 50 y 75 g, respectivamente, como fuente de vitamina C, con referencia a experiencia de alimentación de cuyes con adición de cebada hidropónica como fuente de vitamina C (Ramos, 2012); la dieta 5, tuvo adición de 200 mg/Kg de vitamina C comercial (ascorbil).

La composición química y sobre todo el valor energético de los alimentos, fueron derivados de las tablas de valor nutritivo de alimentos destinados a conejos (Maertens et al., 2002); dado que no existen tablas de composición de alimentos destinados a cuyes y mucho menos valores energéticos, tomando en consideración que los mismos fueron concordantes con trabajos de digestión realizados en cuyes alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de forrajes (Sakaguchi et al., 1997; Guevara et al., 2008). A partir de esta información se ha confeccionado la dieta basal para los cuyes del experimento (Tabla 9).

Tabla 9. Dieta basal destinada a cuyes en crecimiento (H 8%).

Alimentos	Mezcla, %	Nutrientes	Valor
Heno de avena	38.00	Energía metabolizable, Kcal/g*	2.21
Heno de alfalfa	25.00	Proteína cruda, %	16.0
Grano de maíz	20.00	Fibra detergente neutro, %	38.8
Harina de soya	15.00	Calcio, %	0.60
Harina de pescado	0.50	Fósforo total, %	0.40
Carbonato de calcio	0.25	Sodio, %	0.13
Fosfato dicálcico	0.50		
Sal común	0.25		
Melaza de caña	0.50		
Vitamina C comercial	0.00		
Yana llachu	0.00		
Total	100.00		

Fuente: NRC, 1995; * Estimado a partir de datos de conejos (Maertens et al., 2002).

Tabla N° 10. Dietas experimentales para cuyes alimentados con yana llachu fresco, 6 réplicas por tratamiento.

Alimentos	Dietas experimentales				
	1(Basal sin vit. C)	2	3	4	5(Basal con vit. C)
Cantidades por animal, g/d					
Basal, g/d	100	100	100	100	100
Vitamina C sintética, mg/Kg	0	0	0	0	200
Llachu fresco, g/d	0	25	50	75	0
Total, g/d	100	125	150	175	100

3.2.4 Equipos

- licuadora
- Balanza analítica
- Molino de disco



- Extractor Soxhlet
- Analizador de nitrógeno Kjeldahl Velp DK6
- Horno secador (estufa).
- Mufla de incineración.

Reactivos

- Ácido sulfúrico
- Ácido bórico
- Hexano
- Hidróxido de sodio
- Lauril sulfato de sodio y otros.

Materiales de campo

- Bolsas de plástico
- Tijera
- Balde
- Colador
- Balanza digital
- Molino forrajero de martillos

Material de Escritorio

- Cuaderno
- Lapiceros
- Fichas de registro
- Calculadora

3.3 Metodología

La investigación consistió en evaluar el yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*) como fuente de vitamina C en la alimentación de cuyes, durante un período de 56 días, para lo cual se sometió a los cuyes a tres tipos de alimentación: en un extremo, dieta basal (control) sin vitamina C; en los intermedios, dieta basal con inclusión de 25, 50 y 75 g de yana llachu fresco como fuente de vitamina C; y en el otro extremo, dieta basal con vitamina C sintética (200 mg/Kg).

3.3.1 Determinación de la composición química de yana llachu fresco.

La composición química del yana llachu se determinó a partir de muestras frescas colectadas en el río Illpa, las mismas que fueron picadas a un tamaño de partícula de 1-2 cm y colocadas en bolsas de papel para su secado. La humedad (H°) y materia seca (MS) se determinó por gravimetría, pesando la masa residual de la muestra secada en horno secador de convección, a 60°C hasta peso constante ($\geq 72\text{h}$). Las muestras secas fueron molidas con un molino analítico multifuncional (Selecta), a un tamaño de partícula de 1-2mm y conservadas a temperatura de laboratorio en bolsas xiploc con una cerradura hermética (Van Soest, 1982).

El contenido de humedad se calculó con la siguiente fórmula:

$$H^\circ, \% = \frac{\text{Agua perdida,g}}{\text{muestra fresca analizada,g}} \times 100$$

Cálculo del contenido de materia seca:

$$\text{MS, \%} = 100 - \%H^\circ$$



La composición química de la materia seca se determinó a partir de muestras secas y molidas a través de los métodos oficiales de la AOAC (2005). El contenido de extracto etéreo (EE) se determinó por extracción a reflujo con hexano en soxhlet; el contenido de fibra detergente neutro (FDN), a partir del residuo fibroso libre de ceniza después de la digestión a reflujo en vasos Berzelius (Van Soest, 1982); la proteína cruda (PC), por el método macro kjeldahl con el analizador de nitrógeno Velp DK6; la ceniza total (CT), por incineración de las muestras a 650 °C durante 4 horas en horno mufla Thermoline 48000. El contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) se estimó por diferencia a través de la ecuación de Mertens (1997).

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

3.3.2 Determinación del contenido de vitamina C en yana llachu fresco.

El contenido de vitamina C del yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*) se determinó por yodometría (Helmenstine, 2010), a través de la siguiente secuencia de pasos:

✓ Preparación de los reactivos

Solución indicadora de almidón al 1%

Se pesó 0.5 g de almidón soluble, se colocó y se hirvió en un frasco de 50 ml en agua destilada, se mezcló y dejó enfriar antes de usar.

Solución tituladora (solución de yodo para 250 ml)

- Se Disolvió 2.5 g de yoduro de potasio (KI) y 0.134 g de yodato de potasio (KIO₃) en 100 ml de agua destilada.
- Se añadió 15 ml de solución de ácido sulfúrico al 3M.



- Se transfirió la solución en un balón graduado de 250 ml.
- Se aforó con agua destilada y se mezcló bien.

Solución estándar

- Disolver 250mg de vitamina C estándar para análisis en 100 ml de agua destilada.
Se transfirió en un balón de 250 ml, se aforó con agua destilada.
- Se sacó una alícuota de 25 ml de la solución estándar, se agregó 1 ml de la solución indicadora (almidón) y se mezcló bien.
- Se tituló con la solución de yodo hasta lograr viraje de color a azul permanente y se registró el volumen de gasto de la solución de yodo.

Preparación de la muestra de yana llachu fresco

- Picar licuar 10 g de llachu fresco con 100 ml de agua destilada hasta obtener jugo.
- Tamizar el jugo a través de un colador de poro fino para separar las partículas.
- Transferir el jugo en un frasco y completó con agua destilada hasta vsp 200 ml.
- Tomar una alícuota de 25 ml de jugo tamizado y colocar en un frasco de 125 ml.
- Añadir 1 ml de la solución indicadora (almidón), mezclar bien.
- Titular el jugo con la solución de yodo hasta lograr viraje de color a azul oscuro persistente por más de 20 segundos.
- Repetir la titulación tres veces por muestra.

Cálculo del contenido de vitamina C

El contenido de vitamina C en el yana llachu fresco corresponde al volumen gastado de la solución de yodo en la titulación de vitamina C estándar, mediante la siguiente fórmula:

$$V1/C1 = V2/C2$$



Dónde:

V1 = Volumen de la solución de yodo para el estándar.

C1 = Concentración de vitamina C en el estándar.

V2 = Volumen de la solución de yodo para yana llachu fresco.

C2 = Concentración de vitamina C en el yana llachu fresco.

El estándar se preparó con vitamina C (ácido ascórbico) comercial de concentración conocida (ascorbil).

3.3.3 Determinación del efecto del yana llachu fresco sobre la salud de cuyes.

Se determinó mediante el seguimiento de los signos clínicos de escorbuto de los cuyes, alimentados con las dietas en estudio, para lo cual el grupo 1 (control) fue alimentado con dieta basal sin vitamina C; los grupos 2, 3 y 4, con dieta basal y la inclusión de yana llachu fresco en cantidades de 25, 50 y 75 g, respectivamente; y el grupo 5, con dieta basal y adición de 200 mg/Kg de vitamina C comercial. El efecto de yana llachu fresco en la protección del escorbuto se determinó a través del contraste de los signos clínicos observados en los dos grupos experimentales extremos, es decir, frente a las dietas sin y con vitamina C sintética.

3.3.4 Determinación del efecto del yana llachu fresco sobre la producción de cuyes.

El efecto del yana llachu fresco sobre la producción de cuyes se determinó mediante el registro del consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia de conversión alimenticia, en cada una de las dietas utilizadas en la alimentación de los cuyes.



El consumo de alimento se determinó mediante las mediciones cuantitativas del alimento ofrecido y el alimento residual, en horario fijo (10:00 am), todo ajustado a la materia seca.

El retiro del alimento residual se realizó una vez por día antes del suministro del alimento.

El agua se suministró en forma diaria.

El control de peso corporal fue semanal en horario fijo, antes del suministro de alimento (8:00 am), con una balanza electrónica (5000/2 g de capacidad).

La ganancia de peso se determinó por la siguiente fórmula:

$$GP(g/d) = \frac{\textit{peso final} - \textit{peso inicial}}{\textit{N}^\circ \textit{días del periodo experimental}}$$

La eficiencia de conversión alimenticia (EA) se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$EA = \frac{\textit{Consumo de materia seca, g}}{\textit{Ganancia de peso, g}}$$

Se realizaron los registros periódicos de la temperatura del aire, cuyo promedio en el interior del galpón de cuyes fue de 24 °C.

3.4 Análisis estadístico

Los datos se expresaron en estadísticos de tendencia central y dispersión, tales como promedio y desviación estándar, respectivamente. La composición y contenido de vitamina C del yana llachu fresco se expresó a través de límites de confianza, el efecto sobre la salud de los animales, mediante la morbilidad; tasa de prevalencia, su cálculo se obtiene mediante la siguiente ecuación:



$$TP = \frac{\text{Total de casos en cada tratamiento en el lugar y momento dado}}{\text{total de cada tratamiento en el lugar y momento dados}}$$

TP = Tasa de prevalencia

El efecto sobre la producción (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión), mediante el análisis de varianza en Diseño Completo al Azar, sujeto a los principios de aleatoriedad, repetición y control local del error experimental a través del uso de diseño experimental, mayor número de repeticiones, variables concomitantes. La independencia de las unidades experimentales y homogeneidad de varianzas, sujeto al siguiente modelo aditivo lineal fijo, a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (Kuehl, 2001):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

Dónde:

$i = 1, 2, \dots 5$ tratamientos (dietas)

$j = 1, 2, \dots 6$ observaciones o repeticiones (cuyes)

Y_{ij} : Variable respuesta (consumo, ganancia y eficiencia)

μ : Media general

τ_i : Variación entre tratamientos (dietas)

ξ_{ij} : Variación entre observaciones (cuyes)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Composición química del yana llachu fresco

El yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*) es una planta acuática de alto contenido de humedad ($H^{\circ} 93.25 \pm 0.48\%$). La materia seca de esta planta está conformada por un alto contenido de cenizas totales, mediano contenido de fibra detergente neutro y alto contenido de proteína cruda (Tabla 11).

Tabla 11. Composición química del yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*).

Componentes	Promedio (%)	Límites de confianza	
		LI (95%)	LS (95%)
Humedad	93.25 ± 0.48	93.07	93.42
Composición en 100% de materia seca			
Grasa bruta	6.05 ± 0.03	6.02	6.08
Cenizas totales	17.89 ± 1.50	16.58	19.20
Fibra detergente neutro	38.00 ± 3.98	34.51	41.49
Proteína cruda	19.31 ± 0.80	18.40	20.22
Carbohidratos no fibrosos	18.75 ± 6.31	7.12	33.10
Energía bruta, Kcal/g MS	4.255*		

* EB, Kcal/100 g MS = $9.5EE + 4.79FDN + 5.72PC + 4.03CNF$ (Nehring y Haenlein, 1979).

El alto contenido de humedad del yana llacho fresco concuerda con lo reportado por otros estudios que encontraron valores similarmente altos (Dulanto, 1999), lo cual se debe al parénquima aquífero que caracteriza a la planta, con tallos y hojas sumergidas que lo convierte en un tipo de macrófita “absolutamente suculenta” (Mahmood et al., 2005).

El alto contenido de cenizas totales del yana llachu, concuerda con otros estudios que mostraron a las macrófitas acuáticas con un nivel de cenizas extremadamente alto, debido a la calcificación de la superficie con $CaCO_3$, así como sus altos niveles de sílice, Co, Cu



y Se (Muztar et al., 1978b), similar a la mayoría de las plantas que crecen en medios acuáticos y pantanosos (Lanning y Eleuterius, 1981). Las plantas acuáticas, tales como la elodea contienen mayores contenidos de calcio y fósforo que los del maíz y soya, así como elementos traza, con un contenido de potasio de 3.28% (Maurice et al., 1984). En comparación al maíz y otros cereales, la elodea contiene considerable más lisina y glicina y mayores niveles de calcio, fósforo y elementos traza, sobre todo hierro y manganeso que en ambos maíz y soya. El contenido de potasio es mayor que los valores reportados para todos los ingredientes (NRC, 1995), excepto para las melaza de remolacha (4.38%) (Dillon et al., 1988).

El contenido de fibra detergente neutro está en el nivel intermedio y el contenido de grasa bruta es relativamente bajo. Cornejo (1987) encontró para el yana llachu una composición de H^o93.32%, proteína total 22.53%, ceniza total 17.61%, los mismos que comparativamente con los obtenidos en el presente estudio son similares.

El alto contenido de proteína cruda la convierte en una fuente importante de nitrógeno para la nutrición animal. Estos resultados concuerdan con los estudios que han mostrado a las macrófitas acuáticas como plantas con un valor nutritivo similar a la alfalfa; sin embargo, su alto contenido de cenizas totales y alto contenido de humedad puede sugerir la necesidad de un control de calidad y procesamiento adicional (oreado o secado) para su posible uso como forraje en la alimentación animal (Muztar et al., 1978a).

A nivel general, la composición química está de acuerdo con aquellos reportados por Boyd (1968); además, la concentración de nutrientes en las macrófitas acuáticas tiene una amplia variabilidad, la misma que está influenciada por factores tanto fisiológicos como ambientales (Boyd, 1970; Best, 1977).

4.2 Contenido de vitamina C en yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*).

El yana llachu fresco es una importante fuente de vitamina C para la alimentación de cuyes. El análisis por yodometría de la planta (tallos y hojas), ha mostrado que el contenido promedio de vitamina C es de 3.92 ± 1.26 mg/g de materia fresca ($H^{\circ} 93.25$), lo cual expresado en la base libre de humedad representa un contenido promedio de 59.25 ± 19.05 mg/g de materia seca.

Tabla 12. Contenido de vitamina C en yana llachu fresco.

	mg/g materia fresca	mg/g materia seca
Promedio	3.92 ± 1.26	59.25 ± 19.05
LI (95%)	3.10	46.80
LS (95%)	4.75	71.69

Los reportes sobre el contenido de vitamina C en el llachu, muestran una amplia variación en las distintas fuentes. Nelson y Palmer (1939) reportaron contenidos mayores (10.5 mg/g de llachu fresco); en la cebada hidropónica también fueron muy variables, con un contenido de 10.23 mg/100 g de forraje verde hidropónico de 5 días de germinado (Aliaga, 1979), 67.5-100 mg/Kg de forraje verde. Estos resultados indican que la producción de la vitamina en la planta varía progresivamente en el tiempo y los resultados obtenidos dependen del momento en que se realice la cosecha y el análisis. Las plantas utilizan vitamina C para su crecimiento, como antioxidante que le protege del estrés de la sequía y la radiación UV (Khan et al., 2011).

El alto contenido de vitamina C es la mayor ventaja de las plantas acuáticas; sin embargo, el alto contenido de humedad diluye su concentración; así mismo, la posibilidad de contaminación con patógenos puede restringir su uso en la alimentación animal (Mahendranathan, 1971); sin embargo, el contenido de vitamina C (ácido ascórbico) del



yana llachu está en el rango de vitamina C presente en las hojas de plantas silvestres, el mismo que varía ampliamente desde 204 mg/100 g de peso fresco en *Moringa oleifera* hasta 0.7 mg en *Emilia javanica* (Sreeramulu et al., 1983). Las plantas acuáticas liberan ácido ascórbico (vit. C) hacia su ambiente acuático donde crecen (Running et al., 2002).

4.3 El yana llachu fresco en la protección del escorbuto.

Los cuyes alimentados con la dieta 1 (control) mostraron signos evidentes de deficiencia de vitamina C, tales como depresión, pérdida de apetito, debilidad muscular, pelo erizado, palidez de la mucosas, con mayores estragos en 2 cuyes (33.3%); sin embargo, ningún cuy murió por deficiencia. Los cuyes alimentados con las dietas 2, 3 y 4, es decir las dietas con adición de yana llachu fresco (25, 50 y 75 g, respectivamente), no mostraron ningún signo que evidencie deficiencia, puesto que los tres grupos desarrollaron normalmente saludables y sin signos clínicos evidentes. Los cuyes alimentados con la dieta 5, es decir con adición de vitamina C comercial, también mostraron signos clínicos de deficiencia, sobre todo en 2 cuyes (33.3%), pero ninguno murió por estas causas.

Es difícil de explicar las causas del por qué los cuyes alimentados con dieta seca sin contenido de vitamina C no mostraron mortalidad, lo cual es contradictorio a trabajos previos que evidenciaron que todos los cuyes (100%) alimentados con dietas secas sin vitamina C sucumbieron inevitablemente a lo largo de 53 días (Ramos, 2012) del período experimental.

A pesar de que el secado destruye la vitamina C, es posible que los forrajes secos ofrecidos mantengan algún contenido de vitamina C, dado que un trabajo demostró que las verduras de hoja tales como el cilantro, menta y otros, cuando fueron secados al Sol



conservaron 31% de su vitamina C, desde 267.3mg/100g hasta 83mg/100g (Vyankatrao, 2015). La cocción también destruye vitamina C. El *Amaranthus cruentus*, una planta de alto valor nutricional y alto contenido de vitamina C, cuando fue sometido a 5 minutos de cocción, disminuyó su contenido de vitamina C en 98.7%, desde 69.35mg/100g hasta 0.92mg/100g de la muestra fresca (Ogbadoyi et al., 2011).

A manera de especulación se puede indicar que el almacenamiento corporal de vitamina C puede haber protegido de la mortalidad a los cuyes. La especie humana almacena vitamina C, más de 100 veces que en el plasma sanguíneo en los distintos órganos del cuerpo, tales como las glándulas adrenales, pituitaria, timo, cuerpo lúteo y retina, o entre 10 y 50 veces más que en el plasma sanguíneo en el cerebro, bazo, pulmones, testículos, ganglios linfáticos, hígado, tiroides, mucosa del intestino delgado, leucocitos, páncreas, riñón y glándulas salivales (Hediger, 2002).

Los almacenes corporales y las pérdidas metabólicas de vitamina C dependen del consumo. Los modelos farmacocinéticos indican que en el humano adulto, el almacén corporal total de vitamina C varía desde menos de 0.3g hasta unos 1.5-2.0g (Kallner et al, 1979). Tal como ocurre con el plasma y las células circulantes, existe una relación no lineal entre el consumo diario de vitamina C y los almacenes corporales de vitamina C. Un consumo habitual de vitamina C por debajo de 10mg/día se asocia en el estado estable con un pool corporal de menos de 300mg y el escorbuto. Cuando el consumo habitual de vitamina C incrementa de 10mg/día a 60-100 mg/día, el almacén corporal se eleva en el estado estable de 1.0 a 1.5g (Baker et al., 1971; Kallner, 1987).

Tabla N° 13. Efectos clínicos observados por tratamiento.

Condición de cuyes	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
N° de Cuyes al iniciar	6	6	6	6	6
N° de Cuyes al finalizar	6	6	6	6	6
N° de Cuyes enfermos al finalizar	2	0	0	0	2
Tasa de prevalencia (%)	33.3	0	0	0	33.3

La deficiencia severa de vitamina C en los cuyes altera claramente la composición del tejido conectivo del fémur en crecimiento (Tsuchiya y Bates, 1994). Los últimos reportes indican que la vitamina C juega un rol importante en el desarrollo del cerebro, como un factor homeostático redox importante en el sistema nervioso central. La deficiencia perinatal en cuyes disminuye el volumen del hipocampo y el número de neuronas y conduce a un coeficiente intelectual más bajo, subdesarrollo del sistema nervioso central, pobre habilidad de la memoria y disminución de la cognición espacial, sugiriendo que la deficiencia materna puede tener graves consecuencias para la descendencia, efecto sobre el desarrollo del coeficiente intelectual en humanos (Hansen et al., 2014).

A partir de los resultados obtenidos por análisis de yodometría que evidenció un contenido importante de vitamina C en el yana llachu fresco (3.92 ± 1.26 mg/g de materia fresca) y considerando que los cuyes alimentados con yana llachu fresco se mantuvieron saludables en todo momento, a pesar de su limitación para la síntesis corporal de vitamina C (Burns et al., 1956), es razonable asumir que la macrófita puede ser de utilidad para la alimentación de cuyes, como fuente importante de vitamina C, con capacidad para la protección del escorbuto.

La cantidad diaria de yana llachu a ofrecer a los cuyes no está establecido todavía; sin embargo, considerando que los cuyes requieren 20 mg/día de vitamina C para mantener saludable un peso corporal de 300 gramos (Giroud et al., 1937), los cuyes del presente



experimento, que finalizaron con un peso promedio de 893 ± 49 g, habrían tenido un requerimiento de vitamina C de 55.9 mg/día. En tal sentido, dado que los cuyes se mantuvieron saludables con los tres niveles de inclusión de yana llachu fresco en la dieta (25, 50 y 75 g/día), muy similar a lo observado en los cuyes alimentados con dieta conteniendo vitamina C comercial, la adición de 25 g/día de yana llachu fresco en la dieta puede ser más que suficiente para garantizar un aporte de 98 mg de vitamina C, cantidad que supera ampliamente sus requerimientos diarios de vitamina C.

Los resultados de la composición química obtenidos en el presente estudio evidencian también que el yana llachu puede ser una importante fuente de proteína cruda y fibra detergente neutro, así como de calcio, fósforo, potasio y otros minerales menores, análogo a la alfalfa, como ha sido mostrado en otros estudios con recursos forrajeros acuáticos similares evaluados en otras realidades (Maurice et al., 1984); por consiguiente, es necesario realizar mayores estudios sobre la bondad de esta macrófita en la alimentación animal, particularmente de cuyes.

4.4 El yana llachu fresco en el rendimiento productivo

La dieta basal se suministró en forma uniforme a cada animal, en una cantidad de 100g/día, mientras que el yana llachu fresco se suministró (25, 50 y 75g/día) solo a los grupos experimentales (T2, T3 y T4, respectivamente). El consumo de la dieta basal fue variable entre animales y entre grupos, mientras que el consumo de yana llachu fresco fue total en todos los animales de todos los grupos. Al análisis estadístico, el consumo de materia seca total entre grupos no fue significativo ($p = 0.2471$) (Tabla 14).

Tabla N° 14. Rendimiento productivo de cuyes alimentados con dieta basal con inclusión de yana llachu fresco.

Variable	T1	T2	T3	T4	T5	P _{valor}
Peso inicial, g	343±66	372±68	352±56	372±33	347±55	0.8415
Peso final, g	824±129	959±175	879±131	894±43	909±131	0.4956
Ganancia de peso, g/día	8.6±1.6	10.2±2.1	9.4±1.7	9.3±1.2	10.0±1.6	0.3563
Consumo de MS, g/día	49.9±13.0	58.0±15.7	55.9±13.1	59.2±13.3	52.5±16.0	0.2471
Conversión alimenticia	5.8±0.6	5.6±0.7	6.0±0.9	6.4±0.5	5.3±0.8	0.0733

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$. MS = materia seca. Promedio \pm desviación estándar.

A nivel general, el consumo de materia seca por animal fue de 55.1±8.1g/día (Anexo 9), el mismo que es inferior al consumo de alfalfa (60.4g/día) reportado para cuyes de la misma edad y peso (Trujillo, 1992), o superior al consumo de chala de maíz y alimento balanceado, reportado para cuyes de la línea Perú, Inti y Andina (51.7, 44.1 y 40.5g/día, respectivamente) de la misma edad y peso durante 13 semanas de evaluación (Dulanto, 1999).

A nivel general, los cuyes iniciaron el periodo experimental con un peso promedio de 357.2±54.5g (n=30); luego, cuando fueron distribuidos al azar en los tratamientos, los pesos vivos iniciales fueron similares entre grupos (p 0.8415) (Tabla 14), evidenciando que los pesos vivos iniciales fueron similares entre grupos de tratamientos.

El peso vivo final entre grupos tampoco fue significativo (p 0.4956) con un promedio general de 893.0±127.9g (Tabla 14). La ganancia de peso mostró la misma tendencia y no fue significativa entre grupos (p 3563), con un promedio de 9.6±1.7g/día, la misma que es buena para condiciones de extrema altitud. Las experiencias de alimentación de



cuyes en otras realidades muestran que el sexo tiene efecto sobre el peso vivo, siendo los machos los que logran los mayores pesos que las hembras (Egena et al., 2010).

Las distintas fuentes revisadas muestran una amplia variabilidad en la ganancia de peso vivo de los cuyes, la misma que depende de la línea (o raza) y el régimen de alimentación (alfalfa, chala, concentrado y otros), en los diferentes ámbitos del Perú (Arequipa, Junín, Puno y otros), con un promedio general de 3.97 ± 1.91 g/día, donde los cuyes criollos alimentados con llacho + concentrado incrementaron en promedio 2.4g/día (APPA, 1976), el mismo que es menor al incremento de peso de cuyes mejorados que registraron ganancias de 12.4g/día en camadas de una sola cría y 8.1g/día en camadas de 4 crías (Ordoñez, 1997).

La línea Perú se ha mostrado como una de las mejores productoras de carne, con una ganancia de peso de 11.2g/día, seguido de las líneas Inti y Andina con 9.7 y 8.4g/día, respectivamente, en pruebas de alimentación con una duración de 13 semanas (Dulanto, 1999). Los cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada + 40 g de avena forrajera lograron una ganancia de 8.2g/día (Moreno, 1994). El contraste de las ganancias de pesos vivos obtenidos en el presente experimento evidencia una proximidad muy estrecha a los valores más altos reportados en la literatura.

El trabajo no consideró la evaluación de la carne obtenida de cuyes alimentados con la dieta basal + yana llachu fresco como fuente de vitamina C; sin embargo, a partir de las referencias se puede indicar que la carne obtenida puede ser un producto útil para la alimentación humana. La vitamina C disminuye la absorción intestinal de grasa y colesterol, incrementa el peso fecal total y la excreción de grasa fecal (Jun et al., 2010). A partir de esa base se puede indicar que la carne de cuy obtenida con dietas de yana llachu fresco es una carne magra y deliciosa, con bajo contenido de grasa y colesterol, y



la poca grasa que contiene representa una fuente adicional de energía que puede sustituir a los escasos carbohidratos disponibles en la dieta del poblador andino (Rosenfeld, 2008), sobre todo en ámbitos donde la producción agrícola es escasa o nula, como ocurre en las zonas altoandinas.

La conversión alimenticia fue similar en los 5 grupos de cuyes (p 0.0733), con un promedio de 5.8 ± 0.8 (Tabla n° 15). La mayor tendencia mostró el tratamiento con la dieta basal + vitamina C comercial (5.3 ± 0.8), seguido de la dieta basal + 25g de yana llachu fresco (5.6 ± 0.7). La menor tendencia mostró la dieta basal + 50g (6.0 ± 0.9), seguido de la dieta basal + 75g de yana llachu fresco (6.4 ± 0.5).

La conversión alimenticia depende de varios factores de carácter genético, habilidad del individuo, calidad de alimento, sanidad y manejo (Moreno, 1994). El consumo de alimento y su utilización por el animal involucra un complejo de procesos biológico que interacciona con el ambiente para definir la producción animal (Arthur y Herd, 2005). La eficiencia alimenticia representa la eficiencia acumulativa con la cual el animal utiliza los nutrientes dietarios para mantenimiento y ganancia (Patience et al., 2015). La conversión alimenticia (CA), es una medida de la eficiencia de un animal en la conversión del alimento en producto. Así por ejemplo, para el ganado lechero, el producto es leche, mientras que para el ganado carnívor el producto es la ganancia de peso. La "eficiencia" se expresa como la proporción de la salida con relación a la entrada; por lo tanto, aunque la conversión alimenticia se expresa como la relación de la masa de ingreso de alimento a la salida de masa corporal, se puede expresar también como "eficiencia de conversión alimenticia" es decir Kg de ganancia de masa corporal por Kg de consumo de alimento (o, en el caso de animales lecheros, Kg de sólidos de leche por Kg de consumo de alimento).



V. CONCLUSIONES

- El yana llachu fresco es un forraje de alta humedad (93.25 ± 0.48), con una materia seca con un alto contenido de cenizas totales (17.89 ± 1.50), proteína cruda ($19.31 \pm 0.80\%$) y fibra detergente neutro ($38.00 \pm 3.98\%$), y bajo contenido de grasa bruta ($6.05 \pm 0.03\%$).
- El yana llachu fresco es una importante fuente de vitamina C que a la prueba de yodometría reportó un contenido de 3.92 ± 1.26 mg/g de materia fresca.
- El yana llachu fresco es un alimento que protege del escorbuto a los cuyes, ya que los animales alimentados con esta macrófita se mantuvieron saludables sin presentar signos evidentes de deficiencia.
- El yana llachu no tiene efecto significativo sobre el rendimiento productivo de los cuyes, dado que tanto el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia fueron similares entre tratamientos.



VI. RECOMENDACIONES

- Reevaluar el trabajo experimental en época seca, a fin de contrastar los resultados obtenidos con cuyes alimentados sin inclusión de vitamina C en la dieta, en contraste con dietas conteniendo llachu fresco y vitamina C comercial.
- Evaluar el contenido de vitamina C en los diferentes recursos vegetales acuáticos (hinojo llacho) a fin de establecer una tabla de alimentación para cuyes.
- Determinar los valores energéticos de los alimentos destinados a los cuyes, así como su eficiencia de uso a fin de establecer las tablas de composición de alimentos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, L. 2003. Nutrición y alimentación de cuyes. Revista de Extensión. Estación Experimental Illpa, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Puno.
- Agabriel, C., A. Cornu, C. Journal, C. Sibra, P. Grolier, and B. Martin. 2007. Tanker milk variability according to farm feeding practices: Vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *J. Dairy Sci.*, 90:4774-4896.
- Aliaga, R. L. 1979. Producción de cuyes. Boletín del ministerio de agricultura. Lima-Perú.
- Andrade, P. 2006. Aspectos importantes para la crianza del cuy. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. *Alma Mater*, pp. 129-135.
- AOAC International. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International.
- APPA. 1976. Incremento de peso diario del cuy criollo alimentado con diferentes dietas en las regiones del Perú. En: Resúmenes de las reuniones científicas anuales de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA), 1976-1993.
- Arthur, P. F., and R. M. Herd. 2005. Efficiency of feed utilisation by livestock — Implications and benefits of genetic improvement. *Can. J. Anim. Sci.* 85: 281-290.
- Baker, E. M., 3rd, D. C. Hammer, S. C. March, B. M. Tolbert, and J. E. Canham. 1971. Ascorbate sulfate: a urinary metabolite of ascorbic acid in man. *Science*, 173:826-827.
- Best, E. P. H. 1977. Seasonal changes in mineral and organic components of *Ceratophyllum demersum* and *Elodea canadensis*. *Aquat. Bot.*, 3:337-348.
- Boyd, C. E. 1968. Fresh water plants: a potential source of protein. *Econ. Bot.*, 22:259-268.
- Boyd, C. E. 1970. Chemical analyses of some vascular aquatic plants. *Arch. Hydrobiol.*, 67:78-85.
- Burns, J. J. 1967. Ascorbic acid. In *Metabolic Pathways*, D. M. Greenberg, Ed., vol. 1, pp. 394-411, Academic Press, New York, NY, USA, 3rd edition, 1967.
- Burns, J. J., A. Moltz, P. Peyser. 1956. Missing step in guinea pigs required for the biosynthesis of L-ascorbic acid. *Science*. 124:1148-1149.
- Caballero, B.G. 2001. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Editorial Acribia, Madrid.
- Calero Del Mar, B. 1978. El cuy. Introducción a la caviicultura. Ediciones agronómicas. Editorial Garcilaso. Cuzco



- Calero del Mar, E. 1996. El cuy. Introducción a la cavicultura. Editorial Garcilazo S.A. Lima, Perú.
- Cañas, R. 1995. "alimentación y nutrición animal", Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Carpio, V. B. 1989. Distribución y abundancia de macrofitos en los litorales de la bahía interior de Puno. Tesis Lic. Biología UNA-Puno-Perú.
- Carrasco, I. 2009. Uso de la cebada germinada en la alimentación de cuyes en crecimiento-engorde. Lima, Perú.
- Castro, F. 2001. Artículo Cubano, Departamento: Sanidad Animal. Facultad Medicina Veterinaria. Universidad de Granma.
- Caycedo, A. 1999. Alternativas de alimentación en cuyes en crianzas familiares. V curso latinoamericano de cuyicultura, 11 al 14 de octubre, Venezuela. pp. 38-52.
- Chauca, L. 1995. "Producción de cuyes". INIA. Revista. Lima Perú.
- Chauca, L. 1997. Produccion de cuyes (*Cavia porcellus*). Revista Estudio FAO Producción y Sanidad. Lima, Perú.
- Chambilla, F. 2002. "Tiempo óptimo de beneficio económico de cuyes (*Cavia porcellus* L.). Tesis. FCA. UNA-Puno.
- Collins, A., and C. Elvehjem. 1958. "Ascorbic acid requirement of the guinea pig using Growth and tissue ascorbic acid concentrations as criteria". J. Nutrition. 64(4):503-511.
- Cornejo, E. 1987. Apuntes del curso de nutrición animal y alimentación animal. Ing agr. UNA. Puno-Perú.
- Correa, S. 1994. Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos, proteicos y fibrosos en cuyes. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Cotacallapa, F. 1988. Producción de animales menores. Copia mimeografiada. FMVZ.UNA-Puno.
- Cui, J., Y. H. Pan, Y. Zhang, G. Jones, and S. Zhang. 2011. Progressive pseudogenization: Vitamin C synthesis and its loss in bats. Mol. Biol. Evol. 28(2):1025-1031.
- De Tullio, M. C. 2010. The Mystery of Vitamin C. Nature Education 3(9):48.
- De Tullio, M. C. 2012. Beyond the antioxidant: the double life of vitamin C. Subcell. Biochem. 56:49-65.
- Dillon, C. R., D. V. Maurice, and J. E. Jones. 1988. Composition of *Egeria densa*. J. Aquat. Plant Manage., 26:44-45.
- Dulanto, H. 1999. Crianza de cuyes para la alimentación. Revista de Publicación. Lima, Perú.



- Ecker, E. and L. Pillemer. 1940. "Vitamin C Requirement of the Guinea Pig". *Journal of Experimental Biology and Medicine*. 44:262-263.
- E. Agabriel, C., A. Cornu, C. Journal, C. Sibra, P. Grolier, and B. Martin. 2007. Tanker milk variability according to farm feeding practices: Vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *J. Dairy Sci.*, 90:4774-4896.
- Egena, S. S. A., G. Husseini, T. Silas, and T. C. Musa. 2010. Effect of sex on linear body measurements of guinea pig (*Cavia porcellus*). *Au. J. T.*, 14: 61-65.
- Elgersma, A., K. Sjøgaard, and S. K. Jensen. 2012. Vitamin contents in forage herbs. Restoring diverse grassland: What can be achieved where, and what will it do for us? *Aspects of Applied Biology* 115.
- Friederici, H. H. R., H. Taylor, R. Rose, and C. L. Pirani. 1966. The fine structure of capillaries in experimental scurvy. *Lab. Investig.* 15:1442-1458.
- Fuss, S. 2002. *Physiologie et pathologie digestives du cobaye domestique Cavia porcellus*. This grade, Docteur Veterinaire. Université Paul Sabatier de Toulouse.
- Gallie, D. R. 2012. L-Ascorbic Acid: A Multifunctional Molecule Supporting Plant Growth and Development. *Scientifica*. 2013:1-25. Review.
- Gil, V. 2004. *Producción comercial de cuyes*. Editorial Latina. Cusco, Perú.
- Giovannoni, J. 2007. "Completing a pathway to plant vitamin C synthesis. *National Academy of Science*". 104(22): 9109-9110.
- Giroud, A., P. Leblond, y R. Ratsimamanga. 1937. "the vitamin C requirement of the guinea pig". *Yale Journal of Biology and Medicine*. 9(6): 573-584.
- Guevara, P., T. Claeys, G. P. J. Janssens. 2008. Apparent digestibility in meat-type guinea pigs as determined by total collection or by internal marker. *Veterinari Medicina*. 53: 203-206.
- Hansen, S. N., P. Tveden-Nyborg, and J. Lykkesfeldt. 2014. Does vitamin C deficiency affect cognitive development and function? *Nutrients*. 19: 6:3818-3846.
- Hediger, M. A. 2002. New view at C. *Nat. Med.*, 8: 445-446.
- Helmenstine, A. 2010. "Determinación de vitamina C por titulación con Yodo".
- Hidalgo, A. 2011. "Cicatrización en quemaduras tipo AB-B utilizando miel de ulmo asociada a vitamina C oral" Artículo científico. Temuco, Chile.
- Holtenius, K. and G. Bjornhag. 1985. The colonic separation mechanism in the guinea pig (*Cavia porcellus*) and the chinchilla (*Chinchilla laniger*). *Comparative biochemistry and Physiology* 824(3):537-542.
- Jun, S. C., E. Y. Jung, D. H. Kang, J. M. Kim, U. J. Chang, and H. J. Suh. 2010. Vitamin C increases the fecal fat excretion by chitosan in guinea-pigs, thereby reducing body weight gain. *Phytotherapy Research*. 24:1234-1241.



- Kallner, A. 1987. Requirement for vitamin C based on metabolic studies. *Annals of the New York Academy of Sci.*, 498:418-423.
- Kallner, A., D. Hartmann, and D. Hornig. 1979. Steady-state turnover and body pool of ascorbic acid in man. *American Journal of Clinical Nutrition*. 32:530-539.
- Khan, T. A., M. Mazid, and F. Mohammad. 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. *J. Agrobiol.* 28(2): 97–111.
- Kim, H., S. Bae, Y. Yu, Y. Kim, H. R. Kim, Y. Hwang, J. S. Kang, and W. J. Lee. 2012. The Analysis of Vitamin C Concentration in Organs of Gulo–/– Mice Upon Vitamin C Withdrawal. *Immune Network*. 12(1):18-26.
- Kuehl, R. O. 2001. *Diseño de Experimentos. Principios Estadísticos para el Diseño y Análisis de Investigaciones*. 2ª. Ed. Thomson Learning. México.
- Kuo, S. M. 2013. The Multifaceted Biological Roles of Vitamin C. *J. Nutr. Food. Sci.* 3:1-5.
- Lanning, F. and L. N. Eleuterius. 1981. Silica and ash in several marsh plants. *Gulf Research Reports*. 7:47-52.
- Mahmood, Q., P. Zheng, M. R. Siddiqi, E. U. Islam, M. R. Azim, and Y. Hayat. 2005. Anatomical studies on water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) under the influence of textile wastewater. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.*, 6:991-998.
- Mahendranathan, T. 1971. Water hyacinth has value as pig feed. *Pig Farmer, Malaysia* (January issue):599-607.
- Maertens, L., J. M. Perez, M. Villamide, C. Cervera, T. Gidenne, and G. Xiccato. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: Egran Tables. *World Rabbit Sci.*, 10:157-166.
- Maynard, L., J. Loosli, H. Hintz y R. Warne. 1995. "Nutrición animal". Ediciones Mc Graw-Hill. D. F., Mexico 641 p.
- Mc Carrison, B. 1919. "The pathogenesis of deficiency disease IV". "The influence of a scorbutic diet on the adrenal glands". *Ind. J. Med. Bes.*, 7:188-194.
- Maurice, D. V., J. E. Jones, C. R. Dillon, and J. M. Weber. 1984. Chemical composition and nutritional value of brazilian elodea (*Egeria densa*) for the Chick. *Poult. Sci.*, 63:317-323.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 1463-1481.
- Montel-Hagen, A., S. Kinet, N. Manel, C. Mongellaz, R. Prohaska, J. L. Battini, J. Delaunay, M. Sitbon, and N. Taylor. 2008. Erythrocyte Glut1 triggers dehydroascorbic acid uptake in mammals unable to synthesize vitamin C. *Cell*. 132(6):1039-1048.
- Moreno, R. 1989. *Producción de Cuyes*. Segunda edición. Lima.



- Moreno, R. 1994. El Cuy. 2a ed. Lima, UNA La Molina. 128 págs.
- Morrison, F. 1991. Alimentos y alimentación del ganado. Tomo I. Editorial UTHEA. México.
- Muztar, A. J., S. J. Slinger, and J. H. Burton. 1978b. Chemical composition of aquatic macrophytes. III. Mineral composition of freshwater macrophytes and their potential for mineral nutrient removal from lake water. *Canad. J. Plant Sci.*, 58: 851-862.
- Muztar, A. J., S. J. Slinger, and J. H. Burton. 1978a. Chemical composition of aquatic macrophytes I. investigation of organic constituents and nutritional potential. *Can. J. Plant Sci.* 58:829-841.
- National Research Council. 1995. Nutrients Requirements of Laboratory Animals, National Academy Press. Washington.
- Nelson, J. W. and L. S. Palmer. 1939. Nutritive value and general chemical composition of species *Elodea*, *Myriophyllum*, *Vallisneria* and other aquatic plants. Minnesota Technical Bulletin 136.
- Nishikimi, M. and K. Yagi. 1991. "Molecular basis for the deficiency in human of gulonolactone oxidase, a key enzyme for ascorbic acid biosynthesis". *Am J Clin Nutr.* 54 (S): 1203-1208.
- Nishikimi, M., T. Kawai and K. Yagi. 1992. Guinea pigs possess a highly mutated gene for L-gulono-gamma-lactone oxidase, the key enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in this species. *J. Biol. Chem.* 267 (30): 21967-21972.
- Ogbadoyi, E. O., A. Musa, J. A. Oladiran, M. I. S. Ezenwa, and F. H. Akanya. 2011. Effect of processing methods on some nutrients, antinutrients and toxic substances in *Amaranthus cruentus*. *Intern. J. Appl. Biol. Pharm. Tech.* 2:487-502.
- Ohta, Y., and M. Nishikimi. 1999. Random nucleotide substitutions in primate nonfunctional gene for L-gulono-gamma-lactone oxidase, the missing enzyme in L-ascorbic acid biosynthesis. *Biochim. Biophys. Acta.* 1472(1-2):408-411.
- Ordoñez, R. 1997. Efecto de dos niveles de proteína y fibra cruda en el alimento de cuyes (*Cavia porcellus*) en lactación y crecimiento. Tesis: Univ. Nac. Agraria La Molina, Lima. 65 p.
- Patience, J. F., M. C. Rossoni-Serão, and N. A. Gutiérrez. 2015. A review of feed efficiency in swine: biology and application. *J. Anim. Sci. Biot.* 6:1-9.
- Pfander, W. and H. Mitchel. 1951. "The ascorbic acid requirement of the guinea pig when adrenal weight and odontoblast height are used as criteria". *J. Nutrition.* 503-523.
- Pozo, B. 1987. Niveles de forraje en la alimentación de cuyes. Tesis Universitaria. Universidad Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque Perú.



- Ramos, L. 2012. Cebada hidropónica como fuente de vitamina C en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L.). Tesis Universitaria Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA - Puno, Perú.
- Revollo, K. 2003. Material de difusión sobre Nutrición y Alimentación del Cuy para estudiantes de pregrado y productores. Primera edición, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS, (Proyecto Mejocuy).
- Revollo, K. 2005. Material de difusión sobre nutrición y alimentación del cuy (*Cavia porcellus*) para estudiantes de pregrado y productores. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- Rico, E. 1995. Nutrición y Alimentación. 1er Curso y reunión nacional de cuyecultura, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba - Bolivia
- Rico, E. and C. Rivas. 2003. Manual sobre Manejo de Cuyes. Proyecto Mejocuy. Impreso en Benson Agricultura and Food Institute. EE.UU.
- Rosenfeld, S. A. 2008. Delicious guinea pigs: Seasonality studies and the use of fat in the pre-Columbian Andean diet. *Quaternary International*, 180: 127-134.
- Running, J. A., D. K. Severson, and K. J. Schneider. 2002. Extracellular production of L-ascorbic acid by *Chlorella protothecoides*, *Prototheca* species, and mutants of *P. moriformis* during aerobic culturing at low pH. *J. Ind. Microbiol. Biot.*, 29:93-98.
- Sakaguchi, E., H. Itoh, T. Kohno, S. Ohshima, and K. Mizutani. 1997. Fiber digestion and weight gain in guinea pig fed diets containing different fiber sources. *Exp. Anim.*, 46:297-302.
- Serrahima, L. 2004. Manual de Crianza de Animales. Enciclopedia Lexus Editores. México D.F.
- Sreeramulu, N., G. D. Ndossi, and K. Mtotomwema. 1983. Effect of cooking on the nutritive value of common foof plants of Tanzania: Part 1-Vitamin C in some of the wild Green leafy vegetables. *Food Chemistry*. 10:205-210.
- Trujillo, J. 1992. Comparación de consumo de alimento y conversión alimenticia entre cuyes Bolivianos y Peruanos. Tesis de Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba Bolivia.
- Tsuchiya, H., and C. J. Bates. 1994. Ascorbic acid deficiency in guinea pigs: contrasting effects of tissue ascorbic acid depletion and of associated inanition on status indices related to collagen and vitamin D. *Brit. J. Nutr.* 72:745-752.
- Van Soest, P. 1982. "Nutritional. Ecology of the Ruminant". 2d. ed., O & B Books, Inc. New York. EE.UU.
- Vergara, V. 1992. Avances en nutrición y alimentación de cuyes. Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.



- Vyankatrao, N. P. 2015. Effect of drying methods on nutritional value of some vegetables. Proceeding of the National Conference on Conservation of Natural Resources & Biodiversity for Sustainable Development -2014. Bioscience Discovery, 6(1-I) Special, April – 2015.
- Wheeler H., 1998. “The biosynthetic path way of vitamin C in higherplants”. Nature 393:365-369.
- Wheeler, G. L., M. A. Jones and N. Smirnoff. 1998. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. Nature. 393 (6683): 365-369.
- Zaldívar, M. 1974. Crianza de cuyes. Boletín de Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.
<http://www.aquatic.uoguelph.ca/>



ANEXOS



Anexo 1. Análisis de humedad y materia seca en planta completa de llachu

N° Muestra	HUMEDAD			MATERIA SECA	
	PB	PB+MH°	PB+MS	MS%	H° %
1	9.6	209.6	24.6	7.48	92.52
2	8.1	208.1	22.2	7.05	92.95
3	10.3	210.3	22.5	6.1	93.9
4	9.8	209.8	22.9	6.55	93.45
5	10.4	210.4	22.2	5.9	94.1
PROMEDIO				6.62	93.38

PB=Peso de Bolsa MH°= Materia Húmeda MS= Materia Seca H°= Humedad

Anexo 2. Análisis de grasa bruta en planta completa de llachu

N° Muestra	GRASA BRUTA					
	PP	PM	PM-GRASA	GB	EE%	EE% corregido
1	0.6802	2.0013	2.5646	0.1169	5.84	6.084586685
2	0.6935	2.0003	2.5782	0.1156	5.78	6.019930344
3	0.7736	2.0005	2.6582	0.1159	5.79	6.034949596
PROMEDIO						6.046488875

PP = Peso de Papel PM=Peso de Muestra GB= Grasa Bruta EE=extracto etéreo

Anexo 3. Análisis de Ceniza en Planta Completa de llachu.

N° de muestra	PC	PM	PC+PM	PC + Cn	Cn	CT, %	MO, %	H°, %	MS, %	CT, %Correcc
1	20.1358	2.0004	22.1362	20.4682	0.3324	16.62	83.38	4	96	17.31
2	20.2926	2.0005	22.2931	20.6312	0.3386	16.93	83.07	4	96	17.63
3	19.1742	2.0006	21.1748	19.5137	0.3395	16.97	83.03	4	96	17.68
4	20.9641	2.0004	22.9645	21.3424	0.3783	18.91	81.09	4	96	19.70
5	22.2178	2.0007	24.2185	22.6187	0.4009	20.04	79.96	4	96	20.87
Promedio						17.89	82.11			18.64
Desv Estan						1.50	1.50			1.40
CV, %						8.41	1.83			7.52

PC=Peso de Crisol PM= Peso Muestra Cn= Ceniza CT=Ceniza Total MO=Materia Orgánica.

Anexo 4. Análisis de Fibra Detergente Neutro en planta completa de llachu.

N° Muestra	PM	PC	RIS	Crisol Ceniza	Fibra, g	FDN, %	H°, %	MS, %	FDN, % correcc
1	1.0004	20.1376	20.5383	20.1773	0.361	36.09	4	96	37.59
2	1.0001	20.2938	20.7152	20.3276	0.3876	38.76	4	96	40.37
3	1.0008	19.1778	19.6298	19.219	0.4108	41.05	4	96	42.76
4	1.0008	20.9663	21.3572	21.0005	0.3567	35.64	4	96	37.13
5	1.0006	22.2204	22.5669	22.258	0.3089	30.87	4	96	32.16
Promedio						36.48			38.00
Desv Estan						3.82			3.98
CV, %						10.47			10.47

PM=Peso de Muestra PC= Peso de Crisol RIS= Residuo Insoluble Seco FDN=Fibra Detergente Neutro.



Anexo 5. Análisis de proteína en planta completa de llachu

N° de muestra	P.Muestra	P. Papel	Gasto Total d H2SO4	NT, %	PT, %	H°, %	MS, %	PT, % Correc
1	0.2008	0.1356	8.6	3.00	18.74	4	96	19.52
2	0.2003	0.1412	8.1	2.83	17.69	4	96	18.43
3	0.2006	0.1433	8.8	3.07	19.19	4	96	19.99
Promedio								19.31
Desv Estan								0.80
CV, %								4.15

PM= Peso de Muestra PP= Peso de Papel GT= Gasto Total NT= Nitrógeno Total PT= Proteína Total.

Anexo 6. Resumen de Resultados de Análisis de planta completa de llachu

N° Muestra	Humedad	Mat-seca	E.E	Ceniza	FDN	Proteína
1	92.52	7.48	6.084586685	17.30903819	37.59	
2	92.95	7.05		17.63100891	40.37	
3	93.9	6.1	6.019930344	17.67698857	42.76	19.52
4	93.45	6.55	6.034949596	19.69918516	37.13	18.43
5	94.1	5.9		20.87290282	32.16	19.99
Prom.	93.38	6.62	6.046488875	18.63782473	38.00	19.31
Desv			0.033837507	1.401757319	3.98	0.80



Anexo 7. Determinación de Vitamina C en llachu

Répl ica	Alícuota (ml)	Llach u (g) Muest ra	Gasto de reactivo ml Sol.Yodo	Cantidad de Vitamina C				
				Llachu en materia fresca			Al 100% MS	
				mg/1.25 g Llachu	mg/g	mg/10 0 g	mg/100 0 g	mg/g Llachu de MS
1	25	1.25	3.34	8.35	6.68	668	6680	100.91
2	25	1.25	1.9	4.75	3.80	380	3800	57.40
3	25	1.25	1.78	4.45	3.56	356	3560	53.78
4	25	1.25	1.57	3.925	3.14	314	3140	47.43
5	25	1.25	2.47	6.175	4.94	494	4940	74.62
6	25	1.25	1.7	4.25	3.40	340	3400	51.36
7	25	1.25	2.33	5.825	4.66	466	4660	70.39
8	25	1.25	1.06	2.65	2.12	212	2120	32.02
9	25	1.25	1.5	3.75	3.00	300	3000	45.32
Prom			1.96	4.90	3.92	392.22	3922.22	59.25
Desvest			0.63	1.58	1.26	126.12	1261.16	19.05
CV			0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
LI (95%)			1.55	3.87	3.10	309.83	3098.26	46.80
LS (95%)			2.37	5.93	4.75	474.62	4746.18	71.69



Anexo 8. Procedimiento para el cálculo de vitamina C en llachu.

La solución estándar, se tituló con la solución tituladora (yodo); y se registró dicho gasto. Estableciéndose el siguiente patrón:

Si en 250 ml. Sol. Tituladora (yodo).....250 mg. De sol. Estándar

1ml. Solución tituladora (yodo).....X

Si en 10 ml. 25 mg.

1 ml..... X

Por lo tanto,

$X = 2.5 \text{ mg. Es neutralizado x } 1 \text{ ml.}$

Para el cálculo de la muestra (g) en alícuotas:

Si 200 ml. 10 g. de llachu

25 ml..... X g.

Por lo tanto,

$X = 1.25 \text{ g. de llachu existe en } 25 \text{ ml. De solución estándar.}$

Para neutralizar dicha alícuota de solución estándar se utilizó en promedio:

1 ml. Sol. Tituladora..... 2.5 mg. De vit. C.

0.4 ml. De sol. Tituladora.....X mg.

Por lo tanto,

$X = 1 \text{ mg. Vit. C.....} 1.25 \text{ de llachu}$

X.....1 g. llachu

Por lo tanto,

$X = 0.8 \text{ mg./g. de llachu}$

Entonces la fórmula para calcular la cantidad de alícuota de vitamina C en la alícuota de 25 ml. De solución muestra es:

$$\text{Vit. C mg. Llachu}/1.25 = \frac{4.34 \text{ ml} * \frac{2.5 \text{ mg}}{\text{ml}}}{1 \text{ ml}}$$

Anexo 9. Consumo del alimento semanalmente (IMF. e IMS.), según tratamiento.

Días	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4		Tratamiento 5	
	Consumo/s emana, g (M.H.)	Consumo/s emana, g (M.S.)	Consumo/s emana, g (M.H.)	Consumo/s emana, g (M.S.)	Consumo/s emana, g (M.H.)	Consumo/s emana, g (M.S.)	Consumo/s emana, g (M.H.)	Consumo/s emana, g (M.S.)	Consumo/s emana, g (M.H.)	Consumo/s emana, g (M.S.)
7 Días	1676	1575.44	2692	1627.48	3662	1636.28	4841	1841.54	1612	1515.28
14 Días	1708	1605.52	2704	1767.76	3530	1770.2	4487	1895.78	1687	1585.78
21 Días	2071	1946.74	3342	2238.48	4340	2273.6	5324	2295.56	2159	2029.46
28 Días	1946	1829.24	3332	2229.08	4238	2177.72	5284	2257.96	2083	1958.02
35 Días	2238	2103.72	3670	2546.8	4560	2480.4	5590	2545.6	2412	2267.28
42 Días	2498	2348.12	3686	2561.84	4661	2575.34	5768	2712.92	2512	2361.28
49 Días	2626	2468.44	4040	2894.6	4788	2694.72	5914	2850.16	2962	2784.28
56 Días	3074	2889.56	4932	3604.08	5559	3161.46	7000	3484	3352	3150.88
Suma total	17837	16766.78	28398	19470.12	35338	18769.72	44208	19883.52	18779	17652.26
Prom/sem/ cuye	2229.63	2095.85	3549.75	2433.77	4417.25	2346.22	5526	2485.44	2347.38	2206.53
Prom/sem/ cuye	371.64	349.31	591.63	405.63	736.21	391.04	921	414.24	391.23	367.76
Prom/dia/ cuy	53.09	49.90	84.52	57.95	105.17	55.86	131.57	59.18	55.89	52.54
Prom/dia/ cuy (IMS)g	55.0847619									
prom/dia/ cuy (IMF)g	86.04761905									



Anexo 10. Resumen de consumo diario de alimento (IMS) g., por tratamiento, cuy.

Cuy	T1	T2	T3	T4	T5
1	51.82	58.97	62.48	53.27	54.20
2	52.20	70.69	62.10	59.38	63.80
3	53.21	63.64	49.22	58.61	49.55
4	59.93	45.81	59.31	57.33	59.30
5	45.83	50.66	57.45	65.89	52.44
6	36.43	57.91	44.62	60.59	35.92
SumaTotal	299.41	347.68	335.17	355.06	315.22
Promedio	49.90	57.95	55.86	59.18	52.54
Desvest	12.98	15.69	13.05	13.32	16.00
CV %	26	27	23	23	30

Anexo 11. Análisis de variancia de consumo de la ración alimenticia, según tratamiento.

Fuente de Variabilidad	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	Sig.
Tratamiento	4.00	353.44	88.36	1.45	NS
Error Experimental	25.00	1528.48	61.14		
Total	29.00	1881.92			

C.V. = 26 %; C.V.= Coeficiente de Variabilidad

Anexo 12. Pesos corporales de los animales alimentados con concentrado y sin vitamina C 7:00 am -8:30 am (tratamiento 1).

N°	Fecha	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
		Peso	IP, g/s	IP, g/d															
1	03/03/2014	444			358			346			360			306			244		
2	10/03/2014	498	54	7.71	428	70	10.00	408	62	8.86	446	86	12.29	374	68	9.71	302	58	8.29
3	17/03/2014	582	84	12.00	502	74	10.57	480	72	10.29	536	90	12.86	434	60	8.57	356	54	7.71
4	24/03/2014	616	34	4.86	568	66	9.43	522	42	6.00	610	74	10.57	476	42	6.00	400	44	6.29
5	31/03/2014	666	50	7.14	634	66	9.43	596	74	10.57	668	58	8.29	514	38	5.43	440	40	5.71
6	07/04/2014	752	86	12.29	700	66	9.43	680	84	12.00	776	108	15.43	576	62	8.86	496	56	8.00
7	14/04/2014	804	52	7.43	772	72	10.29	748	68	9.71	862	86	12.29	636	60	8.57	554	58	8.29
8	21/04/2014	886	82	11.71	840	68	9.71	812	64	9.14	984	122	17.43	706	70	10.00	600	46	6.57
9	28/04/2014	886	0	0.00	838	-2	-0.29	840	28	4.00	1012	28	4.00	730	24	3.43	638	38	5.43

Anexo 13. Pesos corporales de los animales alimentados con concentrado + 25 g de yana llachu fresco 7:00 am -8:30 am (tratamiento-2).

N°	Fecha	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
		Peso	IP, g/s	IP, g/d															
1	03/03/2014	462			436			384			336			326			288		
2	10/03/2014	526	64	9.14	544	108	15.43	480	96	13.71	390	54	7.71	378	52	7.43	354	66	9.43
3	17/03/2014	630	104	14.86	650	106	15.14	558	78	11.14	456	66	9.43	454	76	10.86	424	70	10.00
4	24/03/2014	700	70	10.00	722	72	10.29	626	68	9.71	528	72	10.29	506	52	7.43	470	46	6.57
5	31/03/2014	726	26	3.71	814	92	13.14	720	94	13.43	554	26	3.71	562	56	8.00	528	58	8.29
6	07/04/2014	858	132	18.86	894	80	11.43	808	88	12.57	618	64	9.14	634	72	10.29	564	36	5.14
7	14/04/2014	910	52	7.43	982	88	12.57	904	96	13.71	690	72	10.29	708	74	10.57	618	54	7.71
8	21/04/2014	1020	110	15.71	1096	114	16.29	994	90	12.86	766	76	10.86	778	70	10.00	704	86	12.29
9	28/04/2014	1080	60	8.57	1190	94	13.43	1066	72	10.29	832	66	9.43	830	52	7.43	758	54	7.71

Anexo 14. Pesos corporales de los animales alimentados con concentrado + 50 g de yana llachu fresco 7:00 am -8:30 am (tratamiento 3).

N°	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
	Peso	IP, g/s	IP, g/d	Peso	IP, g/s	IP, g/d	Peso	IP, g/s	IP, g/d	Peso	IP, g/s	IP, g/d	Peso	IP, g/s	IP, g/d	Peso	IP, g/s	IP, g/d
1	03/03/2014	392		430			354			344			330			264		
2	10/03/2014	426	34	510	80	11.43	408	54	7.71	400	56	8	418	88	12.57	312	48	6.86
3	17/03/2014	542	116	594	84	12.00	466	58	8.29	478	78	11.14	504	86	12.29	382	70	10.00
4	24/03/2014	608	66	674	80	11.43	514	48	6.86	544	66	9.43	576	72	10.29	432	50	7.14
5	31/03/2014	616	8	748	74	10.57	540	26	3.71	596	52	7.43	634	58	8.29	500	68	9.71
6	07/04/2014	734	118	816	68	9.71	604	64	9.14	684	88	12.57	726	92	13.14	574	74	10.57
7	14/04/2014	834	100	914	98	14.00	622	18	2.57	768	84	12.00	794	68	9.71	642	68	9.71
8	21/04/2014	834	0	998	84	12.00	684	62	8.86	828	60	8.57	846	52	7.43	692	50	7.14
9	28/04/2014	974	140	1044	46	6.57	712	28	4.00	890	62	8.86	916	70	10.00	738	46	6.57

Anexo 15 Pesos corporales de los animales alimentados con concentrado + 75 g de yana llachu fresco 7:00 am -8:30 am (tratamiento 4).

N°	Fecha	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
		Peso	IP, g/s	IP, g/d															
1	03/03/2014	406			394			376			390			344			320		
2	10/03/2014	490	84	12	472	78	11.14	456	80	11.43	474	84	12	410	66	9.43	394	74	10.57
3	17/03/2014	554	64	9.14	532	60	8.57	536	80	11.43	538	64	9.14	494	84	12.00	430	36	5.14
4	24/03/2014	618	64	9.14	612	80	11.43	562	26	3.71	600	62	8.86	560	66	9.43	532	102	14.57
5	31/03/2014	686	68	9.71	674	62	8.86	618	56	8.00	650	50	7.14	638	78	11.14	622	90	12.86
6	07/04/2014	746	60	8.57	740	66	9.43	666	48	6.86	722	72	10.29	718	80	11.43	678	56	8.00
7	14/04/2014	804	58	8.29	794	54	7.71	710	44	6.29	802	80	11.43	798	80	11.43	772	94	13.43
8	21/04/2014	810	6	0.86	868	74	10.57	756	46	6.57	832	30	4.29	896	98	14.00	850	78	11.14
9	28/04/2014	824	14	2.00	910	42	6.00	866	110	15.71	920	88	12.57	946	50	7.14	896	46	6.57

Anexo 16. Pesos corporales de los animales alimentados con concentrado +vitamina C sintetica 7:00 am -8:30 am (tratamiento 5)

N°	Fecha	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
		Peso	IP, g/s	IP, g/d															
1	03/03/2014	376		408			352			386			292			268			
2	10/03/2014	462	86	492	84	12	444	92	13.14	450	64	9.14	362	70	10	320	52	7.43	
3	17/03/2014	548	86	598	106	15.14	532	88	12.57	530	80	11.43	434	72	10.29	386	66	9.43	
4	24/03/2014	646	98	636	38	5.43	618	86	12.29	594	64	9.14	514	80	11.43	462	76	10.86	
5	31/03/2014	718	72	694	58	8.29	730	112	16.00	662	68	9.71	566	52	7.43	486	24	3.43	
6	07/04/2014	800	82	792	98	14.00	662	-68	-9.71	742	80	11.43	544	-22	-3.14	486	0	0.00	
7	14/04/2014	906	106	868	76	10.86	756	94	13.43	826	84	12.00	686	142	20.29	596	110	15.71	
8	21/04/2014	994	88	950	82	11.71	846	90	12.86	876	50	7.14	804	118	16.86	676	80	11.43	
9	28/04/2014	1086	92	990	40	5.71	918	72	10.29	918	42	6.00	842	38	5.43	700	24	3.43	



Anexo 17. Resumen de peso vivo (g) durante el tiempo de experimento.

N	Trat	Rep	PV1	PV2	PV3	PV4	PV5	PV6	PV7	PV8	PV9	PROM
1	1	1	444	498	582	616	666	752	804	886	886	681.56
2		2	358	428	502	568	634	700	772	840	838	626.67
3		3	346	408	480	522	596	680	748	812	840	603.56
4		4	360	446	536	610	668	776	862	984	1012	694.89
5		5	306	374	434	476	514	576	636	706	730	528.00
6		6	244	302	356	400	440	496	554	600	638	447.78
7	2	1	462	526	630	700	726	858	910	1020	1080	768.00
8		2	436	544	650	722	814	894	982	1096	1190	814.22
9		3	384	480	558	626	720	808	904	994	1066	726.67
10		4	336	390	456	528	554	618	690	766	832	574.44
11		5	326	378	454	506	562	634	708	778	830	575.11
12		6	288	354	424	470	528	564	618	704	758	523.11
13	3	1	392	426	542	608	616	734	834	834	974	662.22
14		2	430	510	594	674	748	816	914	998	1044	747.56
15		3	354	408	466	514	540	604	622	684	712	544.89
16		4	344	400	478	544	596	684	768	828	890	614.67
17		5	330	418	504	576	634	726	794	846	916	638.22
18		6	264	312	382	432	500	574	642	692	738	504.00
19	4	1	406	490	554	618	686	746	804	810	824	659.78
20		2	394	472	532	612	674	740	794	868	910	666.22
21		3	376	456	536	562	618	666	710	756	866	616.22
22		4	390	474	538	600	650	722	802	832	920	658.67
23		5	344	410	494	560	638	718	798	896	946	644.89
24		6	320	394	430	532	622	678	772	850	896	610.44
25	5	1	376	462	548	646	718	800	906	994	1086	726.22
26		2	408	492	598	636	694	792	868	950	990	714.22
27		3	352	444	532	618	730	662	756	846	918	650.89
28		4	386	450	530	594	662	742	826	876	918	664.89
29		5	292	362	434	514	566	544	686	804	842	560.44
30		6	268	320	386	462	486	486	596	676	700	486.67



Anexo 18. Resumen de ganancia media diaria (g) durante el tiempo de experimento.

n	T r a t	Re p	GMD 1	GMD 2	GMD3	GMD 4	GMD 5	GMD6	GMD7	GMD8	PRO M
1	1	1	7.71	12.00	4.86	7.14	12.29	7.43	11.71	0.00	7.89
2		2	10.00	10.57	9.43	9.43	9.43	10.29	9.71	-0.29	8.57
3		3	8.86	10.29	6.00	10.57	12.00	9.71	9.14	4.00	8.82
4		4	12.29	12.86	10.57	8.29	15.43	12.29	17.43	4.00	11.64
5		5	9.71	8.57	6.00	5.43	8.86	8.57	10.00	3.43	7.57
6		6	8.29	7.71	6.29	5.71	8.00	8.29	6.57	5.42	7.03
7	2	1	9.14	14.85	10.00	3.71	18.86	7.43	15.71	8.57	11.03
8		2	15.43	15.14	10.29	13.14	11.43	12.57	16.29	13.43	13.46
9		3	13.71	11.14	9.71	13.43	12.57	13.71	12.86	10.29	12.18
10		4	7.71	9.43	10.29	3.71	9.14	10.29	10.86	9.43	8.86
11		5	7.43	10.86	7.43	8.00	10.29	10.57	10.00	7.43	9.00
12		6	9.43	10.00	6.57	8.29	5.14	7.71	12.29	7.71	8.39
13	3	1	4.86	16.57	9.43	1.14	16.86	14.29	0.00	20.00	10.39
14		2	11.43	12.00	11.43	10.57	9.71	14.00	12.00	6.57	10.96
15		3	7.71	8.29	6.86	3.71	9.14	2.57	8.86	4.00	6.39
16		4	8.00	11.14	9.43	7.43	12.57	12.00	8.57	8.86	9.75
17		5	12.57	12.29	10.29	8.29	13.14	9.71	7.43	10.00	10.46
18		6	6.86	10.00	7.14	9.71	10.57	9.71	7.14	6.57	8.46
19	4	1	12.00	9.14	9.14	9.71	8.57	8.29	0.86	2.00	7.46
20		2	11.14	8.57	11.43	8.86	9.43	7.71	10.57	6.00	9.21
21		3	11.43	11.43	3.71	8.00	6.86	6.29	6.57	15.71	8.75
22		4	12.00	9.14	8.86	7.14	10.29	11.43	4.29	12.57	9.46
23		5	9.43	12.00	9.43	11.14	11.43	11.43	14.00	7.14	10.75
24		6	10.57	5.14	14.57	12.86	8.00	13.43	11.14	6.57	10.29
25	5	1	12.29	12.29	14.00	10.29	11.71	15.14	12.57	13.14	12.68
26		2	12.00	15.14	5.43	8.29	14.00	10.86	11.71	5.71	10.39
27		3	13.14	12.57	12.29	16.00	-9.71	13.43	12.86	10.29	10.11
28		4	9.14	11.43	9.14	9.71	11.43	12.00	7.14	6.00	9.50
29		5	10.00	10.29	11.43	7.43	-3.14	20.29	16.86	5.43	9.82
30		6	7.43	9.43	10.86	3.43	0.00	15.71	11.43	3.43	7.72
										MEDIA TOTAL	9.57



Anexo 19. Análisis de variancia de Peso vivo inicial de los cuyes, según tratamiento.

Fuente de Variabilidad	Grados Libertad	Suma Cuadrado	Cuadrados Medios	F Calculada	P-valor
Tratamiento	4	4546.13	1136.53	0.35	0.84
Error Experimental	25	8152.67	3260.91		
Total	29	86068.80			

C.V.= 15.97 %; C.V.= Coeficiente de variabilidad

Anexo 20. Análisis de variancia de Peso vivo final de los cuyes, según tratamiento.

Fuente de Variabilidad	Grados Libertad	Suma Cuadrado	Cuadrados Medios	F. Calculada	P-valor
Tratamiento	4	57681.33	14420.33	0.87	0.49
Error Experimental	25	416748.67	16669.95		
Total	29	474430.00			

C.V.= 14.45%; C.V.= Coeficiente de variabilidad.

Anexo 21. Análisis de variancia de ganancia de peso de los cuyes, según tratamiento.

Fuente de Variabilidad	Grados Libertad	Suma Cuadrado	Cuadrados Medios	F Calculada	P-valor
Tratamiento	4	39714.13	9928.5333	1.15	0.35
Error Experimental	25	215808.67	8632.3467		
Total	29	255522.80			

C.V.= 17.34%; C.V.= Coeficiente de variabilidad.



Anexo 22. Batería de 6 jaulas.





ANEXO DE FOTOS



Foto 1. yana llachu fresco



Foto 2. Pesado de llachu para los tratamientos



Foto 3. Comederos de cerámica utilizados para la alimentación de los cuyes



Foto 5. Instalación por tratamiento



Foto 4 Proceso de mezcla de alimento balanceado.



Foto 6. Pesado de alimento balanceado por tratamiento.



Foto 7. Fase de acostumbramiento de los cuyes.



Foto 8. Alimentación de los cuyes por tratamiento

**Fotos para la determinación de
vitamina C en yana llachu fresco.**



Foto 9. Yana llachu fresco destinado para determinación de vitamina C



Foto 12. Titulación de solución estándar



Foto 11. Preparación de reactivos para la determinación de vitamina C



Foto 13. Titulación de llachu y su respectivo viraje a color azulino

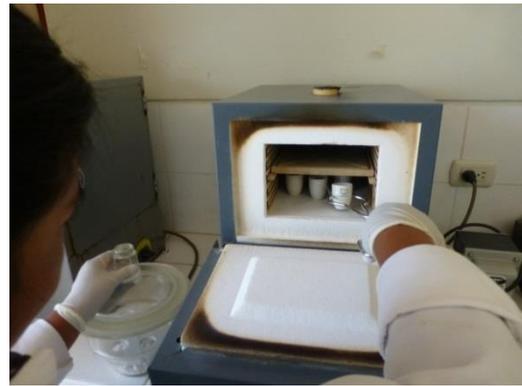


Foto 10. Preparación de la muestras para determinación de vitamina C

**Fotos para determinación de
composición química de llachu.**



**Foto 14. Llachu fresco destinado para
análisis de la composición química.**



**Foto 17. Determinación de ceniza
total**



Foto 16. Determinación de FDN.



**Foto 15. Preparación de muestra
para el análisis de laboratorio**

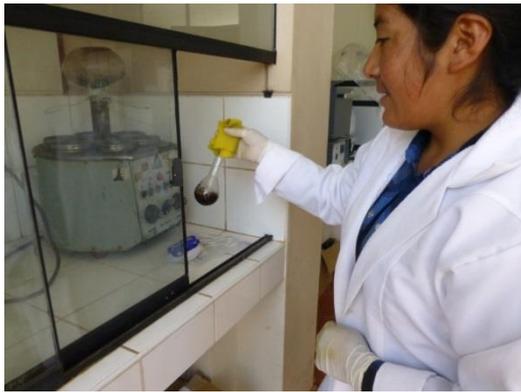


Foto 18. Digestión de llachu en Digestor Kjeldahl



Foto 20. Extracción de extracto etéreo.



Foto 19. Destilación de llachu para determinar proteína total