

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



FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE TRES VARIEDADES DE CEBADA
(*Hordeum vulgare*) EN LA DIETA DE CUYES (*Cavia porcellus*) EN RECRÍA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Bach. DARCY MARVIN SAAVEDRA SIERRA

ABANCAY- PERÚ

2018



**FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE TRES VARIEDADES DE CEBADA
(*Hordeum vulgare*) EN LA DIETA DE CUYES (*Cavia porcellus*) EN RECRÍA**

DEDICATORIA

A mis padres Domingo Saavedra Monzón, Avelina Sierra Camacho y a mi asesor Nilton César Gómez Urviola, a quienes respeto y aprecio, ellos me acompañaron durante toda mi formación profesional y son testigos del logro de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a Dios por darme vida y salud, permitiéndome culminar mi carrera profesional.

A todos los docentes que mejoraron mis conocimientos en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

A mi asesor Nilton César Gómez Urviola quien colaboró en la realización de la presente investigación desinteresadamente.

A Cristian Zoilo Sánchez Pariona compañero y colega por haberme proporcionado el equipo necesario para la ejecución del proyecto de tesis, a él le agradezco el apoyo proporcionado para cumplir los objetivos trazados en este documento.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Leonardo Adolfo Prado Cárdenas
Rector

Dr. Rolando Ramos Obregón
Vicerrector Académico

Dra. Iris Eufemia Paredes Gonzales
Vicerrector de Investigación

MSc. Dora Yucra Vargas
Decano (i) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

ASESOR



Dr. Nilton César Gómez Urviola
Asesor

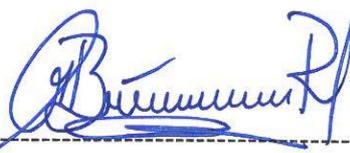
JURADOS



M.V.Z. Martin Equicio Pineda Serruto
Presidente



M.Sc. Ludwing Ángel Cárdenas Villanueva
Primer Miembro



M.Sc. Liliam Rocío Bárcena Rodríguez
Segundo Miembro

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes	3
2.3 Cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	8
2.3 Fisiología digestiva	8
2.4 Requerimientos nutricionales del cuy	10
2.5 Situación actual de la crianza	11
2.6 Sistemas de alimentación	11
2.6.1 Alimentación básica con forraje	12
2.6.2 Alimentación mixta	12
2.6.3 Alimentación a base de concentrado	14
2.7 La cebada	14
2.7.1 Origen	14
2.7.2 Descripción de la planta	14
2.7.3 Variedades	15
2.7.4 Manejo y utilización	15
2.8 Forraje verde hidropónico	15
2.8.1 Ventajas del forraje hidropónico	16
2.8.1.1 Ahorro de agua	16
2.8.1.2 Eficiencia en el uso de espacio	17

2.8.1.3	Eficiencia en el tiempo de producción	17
2.8.1.4	Inocuidad	17
2.9	Desventajas del forraje hidropónico	18
2.9.1	Desinformación y sobrevaloración de la tecnología	18
2.10	Forraje verde hidropónico de cebada	19
2.10.1	Forraje verde hidropónico en la alimentación animal	19
2.11	Factores ambientales que influyen en la producción de FVH	20
2.11.1	Luz	20
2.11.2	Temperatura	20
2.11.3	Humedad	20
2.11.4	Calidad de agua	21
2.11.5	Oxigenación	21
2.12	Análisis bromatológico del forraje hidropónico de cebada	22
2.13	Ganancia de peso	22
2.14	Velocidad de crecimiento	22
2.15	Índice de conversión alimenticia	22
2.16	Canal o carcasa	23
2.17	Proceso de faenado	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1	Tipo y nivel de investigación	25
3.2	Población y muestra	25
3.2.1	Ubicación	25
3.3	Materiales de instalación	26

3.4 Muestra de investigación	26
3.5 Recolección de información	27
3.5.1 Rendimiento del forraje verde hidropónico	27
3.5.2 Ganancia de peso vivo (GPV)	27
3.5.3 Índice de conversión alimenticia (CA)	28
3.5.4 Peso y rendimiento de carcasa (RC)	28
3.5.5 Determinación de la rentabilidad	28
3.6 Experimentación	29
3.6.1 Descripción de la experimentación	29
3.6.1.1 Preparación del galpón	29
3.6.1.2 Recepción e identificación	30
3.6.1.3 Producción de forraje verde hidropónico	30
3.7 Análisis del valor nutricional	31
3.8 Conformación de la dieta	33
3.9 Características productivas del forraje hidropónico	33
3.10 Manejo de cuyes en la experimentación	33
3.10.1 Suministro de alimento	33
3.10.2 Pesado de los animales	33
3.10.3 Limpieza de las jaulas	34
3.11 Procesamiento y análisis de datos	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
4.1 Rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (FVH)	35
4.2 Ganancia de peso vivo	37

4.3 Índice de conversión alimenticia (CA)	38
4.4 Peso y rendimiento de carcasa	39
4.5 Rentabilidad	40
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1 Conclusiones	41
5.2 Recomendaciones	42
VI. BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales para cuyes mejorados criados en regímenes intensivos	10
Tabla 2. Comparación entre las características del forraje verde hidropónico (FVH) de cebada y otras fuentes alimenticias	19
Tabla 3. Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico de cebada	22
Tabla 4. Distribución de las unidades de observación por tratamientos	27
Tabla 5. Análisis bromatológico de las tres variedades de forraje hidropónico cebada (FVH)	32
Tabla 6. Composición nutricional del alimento comercial	32
Tabla 7. Peso y altura del FVH logrado de un kilogramo de cebada, variedad INIA 411 San Cristobal (T1), Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3)	36
Tabla 8. Ganancia de peso vivo, pesos iniciales y finales de cuyes alimentados con tres diferentes dietas	37
Tabla 9. Consumo de materia seca (g), ganancia de peso vivo total (g) de cada tratamiento y conversión alimenticia en cuyes a los 42 días del experimento	38
Tabla 10. Peso y rendimiento de carcasa de cuyes alimentados con FVH de cebada, variedad INIA 411 San Cristobal (T1), Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3)	39
Tabla 11. Rentabilidad con fines comparativos del FVH utilizado en la alimentación de cuyes	40

Tabla 12. Control de peso vivo (g) de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada (variedad INIA 411 San Cristóbal)	53
Tabla 13. Control de peso vivo (g) de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada (variedad Grigñon)	53
Tabla 14. Control de peso vivo (g) de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada (variedad Moronera INIA)	54
Tabla 15. Peso vivo (g) promedio con valores mínimos y máximos de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada	54
Tabla 16. Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada (variedad INIA 411 San Cristóbal)	55
Tabla 17. Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada (variedad Grigñon)	55
Tabla 18. Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada (variedad Moronera INIA)	56
Tabla 19. Ganancia de peso vivo (g) promedio con valores máximos y mínimos de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada	56
Tabla 20. Cantidad de alimento ofrecido (g) por semana (forraje verde hidropónico de tres variedades de cebada y concentrado)	57
Tabla 21. Peso vivo final (g) y peso carcasa (g) de 21 cuyes de acuerdo a tres tipos de dietas	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Lugar de la experimentación	26
Figura 2. Crecimiento del FVH de tres variedades de cebada por semana	36
Figura 3. Peso, selección y limpieza de semillas	58
Figura 4. Lavado y desinfección de semillas de cebada con hipoclorito de sodio al 1%	58
Figura 5. Remojo (24 horas) y oreo de semillas	59
Figura 6. Germinación de semillas durante 48 horas	59
Figura 7. Enraizado de semillas de cebada	60
Figura 8. Variedades de cebada depositadas en el área de germinación durante 6 días	60
Figura 9. Variedades de cebada depositadas en el área de producción durante 4 días	61
Figura 10. Módulo de producción y germinación de forraje verde hidropónico	62
Figura 11. Oreo de forraje verde hidropónico (tres variedades de cebada)	63
Figura 12. Altitud (cm) y peso (g) de FVH (tres variedades de cebada)	63

Figura 13. Alimentación de cuyes con forraje verde hidropónico y concentrado comercial 64

Figura 14. Peso de carcasa (cabeza, corazón, pulmón, hígado y riñones) 64

RESUMEN

La alimentación es uno de los factores de mayor importancia en la producción de cuyes, por esta razón, en las crianzas familiares se vienen buscando formas alternativas para reemplazar los desperdicios de cocina que no cubren los requerimientos nutricionales. En ese sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del forraje verde hidropónico (FVH) de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare*), INIA 411 San Cristóbal (T1), Grignon (T2) e INIA Moronera (T3) en la ganancia de peso vivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en el distrito de Abancay. El rendimiento productivo de FVH / kg de semilla de cebada fue en T1 4818 g, T2 4511 g y T3 4012 g, siendo la altura 23.3 cm, 22.7 cm y 21 cm, respectivamente. Para cada tratamiento se utilizó una muestra por conveniencia de 15 cuyes de 15 días de edad. La dieta estuvo constituida por FVH (60%) y concentrado comercial (40%). Se evaluó la ganancia de peso vivo, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa y la rentabilidad (para su cálculo se tomó en cuenta únicamente los costos variables al usar el FVH). No se encontró diferencia estadística significativa ($P>0.05$) en la ganancia de peso vivo (T1=497.4 g, T2=484.8 g y T3=429.40 g), la mejor conversión alimenticia fue obtenida por T1 (4.0), seguido de T3 (4.12) y T2 (4.38). En cuanto al rendimiento de carcasa en T2 se observó el valor más elevado (68.3%), seguido de T1 (67.3%) y T3 (66.4%). La rentabilidad en T1 (88.39%) fue mayor en comparación con T2 (67.66%) y T3 (67.12%).

Palabras clave: Nativo, familiar, seguridad alimentaria, rendimiento del FVH.

ABSTRACT

Food is one of the most important factors in the production of guinea pigs, for this reason, in family breeding, alternative ways to replace kitchen waste that do not meet the nutritional requirements are being sought. In that direction, the objective of the present study was to evaluate the effect of hydroponic green forage (FVH) of three varieties of barley (*Hordeum vulgare*), INIA 411 San Cristóbal (T1), Grigñon (T2) and INIA Moronera (T3) in the live weight gain of guinea pigs (*Cavia porcellus*) in the district of Abancay. The productive yield of FVH / kg of barley seed was in T1 4818 g, T2 4511 g and T3 4012 g, with height 23.3 cm, 22.7 cm and 21 cm, respectively. For each treatment a convenience sample of 15 guinea pigs of 15 days of age were used. The diet consisted of FVH (60%) and commercial concentrate (40%). The live weight gain, feed conversion, carcass yield and profitability (it was calculated with variable costs) were evaluated. No statistically significant difference ($P>0.05$) was found in the live weight gain (T1 = 497.4 g, T2 = 484.8 g and T3 = 429.40 g), the best feed conversion was obtained by T1 (4.0), followed by T3 (4.12) and T2 (4.38). Regarding the meat yield, the highest value was observed (68.3%) in T2, followed by T1 (67.3%) and T3 (66.4%). The profitability in T1 (88.39%) was higher in comparison with T2 (67.66%) and T3 (67.12%).

Keywords: Native, family, food security, FVH performance.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de cuyes es una actividad arraigada en la sierra peruana por su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, aunque los cuyes pueden encontrarse desde la costa o el llano hasta alturas de 4500 msnm (Chauca, 1997), existe una población en el Perú en la actualidad de aproximadamente 12 millones de cuyes (CENAGRO, 2012). Tomando en cuenta su ciclo reproductivo corto, facilidad de crianza, y que no compite con otras especies domésticas por el alimento, lo convierte en una oportunidad para garantizar la seguridad alimentaria de las comunidades que los crían, así como incrementar sus exiguos ingresos económicos. Así mismo, el alto contenido proteico de su carne y la poca grasa en comparación con otras especies la hacen ideal para aquellas personas que adolezcan algún tipo de enfermedad ligada al sistema circulatorio y digestivo (Chauca, 1997). La alimentación es uno de los factores de mayor importancia en la producción animal (Toribio, 2011). En el caso del cuy criado de forma familiar está mayormente con base a malezas, desechos de cocina y forraje como suplemento, lo que es inadecuado porque no garantiza que los cuyes cubran sus requerimientos (Clemente *et al.*, 2003). Esto ocasiona que los rendimientos productivos y reproductivos sean afectados negativamente, por lo que se recomienda un manejo tecnificado para que pueda incluso llegar a triplicar la producción a partir de una mejora en la fertilidad de las reproductoras, una mayor supervivencia de las crías y un rápido crecimiento y engorde (FAO, 1997). Por otra parte, la sostenibilidad ambiental precisa equilibrar el uso de concentrados u otros productos de naturaleza comercial con las fuentes alimenticias orgánicas, lo que aún es desconocido por los productores. Esto es demostrable por la ineficiencia en las prácticas de producción, distorsión del mercado alimentario, la expansión de la frontera agrícola de manera no planificada, la erosión del

suelo, la contaminación del agua, etc. (Miranda, 2006). El monocultivo y el intenso crecimiento en la tasa de urbanización se han encargado de desplazar las explotaciones pecuarias hacia sectores donde no hay posibilidades de desarrollo en la producción forrajera (Pezo *et al.*, 1996), originando un incremento sustancial en los costos de producción animal (Quiñones, 2011). El forraje verde hidropónico es logrado mediante una tecnología que contempla la producción de alimento a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano (FAO, 2001). La hidroponía en la crianza de cuyes, es una tecnología que presenta ventajas técnicas y económicas, relacionadas con el uso eficiente del espacio dedicado a la producción de forraje (Bungarín *et al.*, 1998). El forraje verde hidropónico es un alimento limpio, de alta calidad, y de producción continua que nos permite mejores ganancias de peso vivo en lugares donde los cultivos forrajeros tradicionales no se pueden desarrollar debido al limitado espacio de terreno, deficiente calidad de suelo o falta de agua. Lo que es mejor es que asegura la disponibilidad de forraje los 365 días del año, independientemente de cualquier condición climática (Izquierdo, 2001). Por lo tanto, en el presente estudio se evaluó el rendimiento del forraje verde hidropónico (FVH) logrado con tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) y su influencia en la ganancia de peso vivo, índice de conversión alimenticia, rendimiento de carcasa y rentabilidad en cuyes (*Cavia porcellus*).

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Carrasco (1994), evaluó el efecto de la utilización de la cebada germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Para ello utilizó un total de 60 cuyes. Determino el uso de la cebada germinada producida por hidroponía, a través de ganancias de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y costos de alimentación. Los pesos finales de los tratamientos T1 (460.29 g) T2 (438.75 g) y T3 (401.25g) alimentados exclusivamente con forraje fueron significativamente inferiores a los tratamientos T4 (934.58 g) y T5 (919.99 g), los mismos que recibieron una dieta de forraje más alimento balanceado. Las ganancias de peso promedio por animal/día fueron de 8.19 g/día (T4), 8.04 g/día (T5), 2.55 g/día (T1), 2.30 g/día (T2), 1.86 g/día (T3). Los consumos de materia seca fueron de 2007.28 g (T1), 2067.34 g (T2), 1980.25 g (T3), 4029.55 g (T4) y 5173.14 g (T5). Las conversiones alimenticias promedio fueron de 5.86 (T4), 7.65 (T5), 9.36 (T1), 10.67 (T2), 14.32 (T3). El costo por cuy logrado en los tratamientos T1, T2, T3, fue de 2.66 soles, 2.28 soles y 2.48 soles respectivamente, pero no alcanzaron el peso de comercialización del mercado. Los tratamientos T4 (4.99 soles) y T5 (4.56 soles) presentaron un mayor costo unitario pero superaron los pesos demandados por los consumidores.

Ruiz (1995), engordó cuyes alimentados durante doce semanas con germinado de cebada suplementado con mezclas balanceadas alimenticias simples, en pequeñas y medianas crianzas. Se utilizaron 30 cuyes machos y 30 cuyes hembras destetados de 15 días de edad distribuidos en 5 tratamientos que fueron: germinado (T1), germinado más mezcla 1 (T2), germinado más mezcla 2 (T3), germinado más mezcla 3 (T4), y el

testigo compuesto de alfalfa más mezcla 3 (T5). El diseño empleado fue D.C.A. en arreglo factorial 5 (sistemas de alimentación) por 2 (sexo). Estadísticamente el T5 se comportó mejor en ganancia de peso total (787.09 g) y conversión alimenticia total (4.67) respecto a los demás tratamientos; siendo T2, T3 y T4 iguales entre sí, inferiores a T5 y superiores T1. Entre sexos no hubo diferencias. No obstante, T2, T3, T4 son iguales, estos tratamientos obtuvieron ganancias de pesos totales (506.25 g 552.09 g y 607.50 g) y conversiones alimenticias totales (6.85, 6.33 y 6.22) aceptables; siendo los niveles de mortalidad mínimos. Según el estudio económico considerado el consumo de alimento, peso final logrado y sus respectivos valores expresados en nuevos soles es conveniente utilizar el germinado de cebada producido bajo procedimientos no sofisticados ni costosos suplementado con mezclas alimenticias simples (1 a 3 insumos) y económicas.

Gómez (2007), en la estación experimental TUNSHI de la FCP-ESPOCH, se evaluó la producción del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz y cebada en 3 densidades de siembra 0.50, 0.75 y 1.0 kg de cebada por bandeja (0.250m²), y su repuesta en cuyes machos en las etapas de crecimiento y engorde con pesos aproximadamente iguales. En la producción de FVH de cebada, con la densidad de siembra de 0.5 kg /bandeja, se obtuvo mayor rendimiento de 8.99 kg FVH /kg de semilla, mayor cantidad de materia seca 14.43%. La mayor producción de FVH de maíz se obtuvo con la densidad de siembra de 1.0 kg de semilla por bandeja, con un rendimiento de 6.35 kg FVH/kg semilla y la proteína es superior con 12.14%. Los mayores pesos alcanzaron los cuyes en los tratamientos C0.75, C0.50 y C1.0 con 9.00, 883.33 y 861.67 g respectivamente y ganancias de peso de 636.67, 605.0 y 605.0 g en su orden. Los mejores índices de conversión alimenticia alcanzaron con los tratamientos C0.5, C0.75 y C1.0 con índices

de 4.03, 3.93 y 3.93 puntos en su orden. Con los tratamientos, CO.5 y M1.0 se obtuvo un índice alto beneficio costo 1.27, que resulta muy significativo, en producción de cuyes. Se recomienda usar una densidad de siembra de 0.5 kg de cebada por bandeja y 1.0 kg de maíz por bandeja, para la producción de forraje verde hidropónico, ya que presentan los mejores los mejores rendimientos productivos tanto de forraje, como para la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde.

Gómez *et al.* (2010), realizaron en la ciudad universitaria de Tamburco, provincia de Abancay, región Apurímac, una investigación que consistió en determinar la mortalidad, ganancia de peso vivo, conversión alimenticia, rentabilidad, peso al nacimiento y de la camada en 24 cuyes lactantes alimentados en forma comparativa con forraje verde hidropónico y alfalfa, desde el nacimiento hasta los 21 días, se consideró 12 observaciones por tratamiento, seleccionados aleatoriamente. Al grupo experimental, se le suministró alimento concentrado comercial marca Tomasino “Cuyina ®” más forraje verde hidropónico y agua (T1) y al grupo testigo, alimento concentrado comercial marca Tomasino “Cuyina ®” más alfalfa y agua (T2). El peso al nacimiento de las crías provenientes de T1 (113.7 g) fueron superiores al de T2 (106.9 g), hallándose diferencia significativa ($P \leq 0.05$). El peso de la camada de T1 (230.41 g) con 2.5 crías en promedio fue inferior a T2 (256.52 g) con también 2.5 crías en promedio. Los incrementos de peso vivo promedio logrado durante los 21 días para el grupo T1 y T2, fueron 191.7 g y 189.3 g respectivamente, no existiendo entre ambos tratamientos, diferencia significativa ($P \geq 0.05$). En lo referente a la conversión alimenticia promedio, se obtuvo 5.5:1 y 5.4:1, para T1 y T2, respectivamente. En cuanto a la rentabilidad, se determinó que respecto a la variable alimento, T1 fue superior a T2 en 13.1%. Siendo el

índice de mortalidad nulo en ambos grupos. La producción de forraje verde hidropónico por 1 kg de semilla cebada fue de 5 749 g en promedio.

Miranda (2014), evaluó el forraje hidropónico de cebada (FH), cultivado con y sin suministro de nutrientes, en la alimentación de cuyes sobre su desempeño productivo, empleó 64 cuyes de ambos sexos de la raza Perú, destetados a los 15 días de edad y distribuidos en 4 tratamientos: forraje hidropónico sin nutrientes (ASN), forraje hidropónico con nutrientes desde la germinación (ANG), forraje hidropónico con nutrientes a partir de los 8 días de edad (AN8) y alimentación convencional (ACT) como control, todos suplementados con concentrado; agrupados en pozas de 4 animales, distribuidos a través de un diseño de bloques completamente al azar y evaluados por un periodo de 60 días con intervalo de 15 días. La concentración de MS del tratamiento AN8 fue estadísticamente superior ($P<0.05$) al que recibió nutrientes desde la germinación (ANG), sin embargo, la proteína bruta (PB) de este tratamiento se encontró en mayor concentración ($P<0.05$) que los tratamientos AN8 y ASN; resultando en mayor producción de forraje seco y de PB/m² en los tratamientos que recibieron nutrientes. El tratamiento de AN8 y ANG registraron una mejor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia en los cuyes a raíz de un mayor contenido proteico, además de generar mejores beneficios económicos.

Cayllahua *et al.* (2015), ejecutaron una investigación en el Centro de Producción de Cuyes de la Universidad Nacional de Huancavelica con el objetivo de evaluar la utilización de cuatro niveles (0, 25, 50 y 75%) de cebada hidropónica (CH) en sustitución de la alfalfa en la alimentación de cuyes machos y hembras de la línea Perú, en la fase de crecimiento, en número de 72, con 18 días de edad y 175 g de PV

inicial medio confinados durante 42 días. Las raciones experimentales isoproteicas, fueron ofrecidos a los animales a voluntad y divididos en dos porciones (8 y 17 h). Fue utilizado el diseño experimental completamente aleatorizado y los tratamientos distribuidos en esquema factorial 2x4 (sexo x niveles de cebada hidropónica) con tres repeticiones por tratamiento, constituido cada unidad experimental por tres cuyes. La substitución de la alfalfa por la CH afectó la conversión alimenticia, cuyo comportamiento fue cuadrático y cúbico para machos y hembras, respectivamente. La CH influyó de forma cúbica sobre el peso final y ganancia de peso diario en los cuyes machos y hembras. Concluyen que es posible substituir la alfalfa por la CH hasta el nivel de 75% en cuyes hembras. El nivel de 25% de substitución proporciona las mejores ganancias de peso y pesos finales en cuyes machos y hembras en crecimiento, lo que pone de manifiesto el efecto positivo de la inclusión de la CH en la ración de cuyes en crecimiento.

2.2 Cuy (*Cavia porcellus*)

El cuy es un mamífero roedor originario de la zona andina de América del Sur que contribuye a la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos de la región (Chauca, 1997). Se caracteriza por tener una carne muy sabrosa y nutritiva, ser una fuente excelente de proteína y poseer menos grasa en comparación con otras especies animales destinadas para su consumo humano (Heredia y Vargas, 2011).

2.3 Fisiología digestiva

El cuy es un mamífero herbívoro que se alimenta principalmente de forraje verde, y según su anatomía gastrointestinal está clasificado como un fermentador post gástrico cecal (Van Soest, 1983). El proceso de digestión de los cobayos se inicia en la boca, en donde posee piezas dentarias diseñadas para cortar y triturar la materia vegetal, esta masticación reduce el tamaño de partícula de la digesta a tal magnitud que al mezclarse con la saliva facilita la acción de las enzimas digestivas sobre el contenido celular del bolo, el cual luego pasa al estómago a través del esófago (Sakaguchi, 2003).

El cuy posee un estómago glandular simple seguido de un intestino delgado que alcanza 125 cm cuando es adulto (Snipes, 1982). En el estómago el alimento es parcialmente procesado por la acción del ácido clorhídrico y las enzimas lipasa, amilasa y pepsina gástricas, luego este pasa al duodeno donde la digestión es continuada por las enzimas biliares, pancreáticas y entéricas, para ser absorbido a lo largo del intestino delgado; todo este proceso toma aproximadamente dos horas (Chauca, 1997). Continuando el intestino delgado se localiza el ciego, órgano importante que junto al colon proximal puede contener hasta el 65% de la digesta y alberga microorganismos fermentadores (Johnson-Delaney, 2006).

A pesar de los procesos ocurridos en el estómago y el intestino delgado la pared celular contenida en la materia vegetal transita casi intacta hacia el ciego, lugar que contiene una flora muy compleja, cuyas enzimas tienen acción degradativa sobre la pared celular. La acción de estas enzimas se conoce como digestión fermentativa y se lleva a cabo en aproximadamente 48 horas, producto de este proceso se obtienen ácidos grasos de cadena corta, vitaminas del complejo B y proteína microbiana, pero solo se absorben a este nivel los ácidos grasos volátiles, vitaminas y agua (Rico y Rivas, 2003).

Para que la población microbiana cecal se mantenga constante y sea eficiente la digestión fermentativa, el cobayo desarrolló el mecanismo de separación colónica, el cual consiste en movimientos antiperistálticos en los surcos del colon proximal que retornan los microorganismos desde el colon proximal hacia el ciego, resultando en una retención selectiva de microorganismos (Sakaguchi, 2003).

Las bacterias que ya cumplieron su ciclo de vida en el ciego forman bolos fecales blandos, con alto contenido de proteína, los que atraviesan rápidamente el intestino grueso y son ingeridos directamente del ano por el mismo cobayo. Este evento es conocido como cecotrofia, donde el pellet rico en nitrógeno pasa por una segunda digestión en estómago e intestino delgado, con liberación y absorción de un importante grupo de aminoácidos (Hirakawa, 2001). El material no digerido pasa al intestino grueso sin entrar al ciego, para formar el material fecal a excretarse. Es necesario conocer que la óptima digestión fermentativa depende del bienestar y equilibrio de la flora cecal, pues cualquier factor que la altere podría tener efectos desfavorables sobre el crecimiento, como por ejemplo, el número de bacterias presentes en el colon y la existencia de bacterias dominantes y subdominantes, ya que estas interacciones ocurren

comúnmente, así como también, la competencia por nutrientes o la producción de moléculas antibióticas (Bourliux, *et al.*, 2002).

2.3 Requerimientos nutricionales del cuy

Los requerimientos nutricionales del cuy se muestran en la Tabla 1, como se puede observar de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo se tiene que proporcionar nutrientes variables.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales para cuyes mejorados criados en regímenes intensivos

Nutrientes	NCR (1995) ¹		Vergara (2008) ²		
	Inicio	Crecimiento	Acabado	Gest/Lact	
Energía digestible Mcal/Kg	3.00	3.00	2.28	2.7	2.90
Proteína total %	18.00	20.00	18.00	17.00	19.00
Fibra cruda %	15.00	6.00	8.00	10.00	12.00
Aminoácidos %					
Lisina	0.84	0.92	0.83	0.78	0.87
Metionina	0.36	0.40	0.36	0.34	0.38
Metionina + Cistina	0.60	0.82	0.74	0.70	0.78
Arginina	1.20	1.20	1.17	1.10	1.24
Treonina	0.60	0.66	0.59	0.56	0.63
Triptófano	0.18	0.20	0.18	0.17	0.19
Minerales %					
Calcio	0.80	0.80	0.80	0.80	1.00
Fósforo	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80
Sodio	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitaminas					
Ácido ascórbico mg/100g	20.00	30.00	20,00	15.00	15.00

¹ National Research Council-NRC (1978; 1995)

² Inicio (1-28 días), crecimiento (29 - 63 días), acabado (64-84 días) (Vergara, 2008).

2.5 Situación actual de la crianza

En el Perú, país con la mayor población y consumo de cuyes, se registra una producción anual de 16 500 toneladas de animales criados básicamente con sistemas de producción familiar. En las regiones de Lima, Junín, Cajamarca, Arequipa, Apurímac y Cusco registran el mayor potencial productivo de cuyes (Chauca, 1997). En la actualidad hay una población aproximada de más de 12 millones de cuyes (CENAGRO, 2012). La distribución de la población de cuyes en el Perú y el Ecuador es amplia; se encuentra en casi la totalidad del territorio, mientras que en Colombia y Bolivia su distribución es regional y con poblaciones menores. Por su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, los cuyes pueden encontrarse desde la costa o el llano hasta alturas de 4500 metros sobre el nivel del mar y en zonas tanto frías como cálidas (Chauca, 1997). La crianza de cuyes fue siempre una actividad marginal manejada por mujeres rurales. El grupo poblacional de mujeres entre los 20 y 30 años conforman la población que manifiestan tener como actividad principal el manejo de sus hogares. Las labores productivas que realizan son criar cuyes y pastorear (56%) además de ayudar en labores agrícolas (44%) como en la siembra y cosecha. La crianza que predomina en los hogares es la de cuyes, las otras especies pecuarias se encuentran presentes alternadamente (Chauca, 2005).

2.6 Sistemas de alimentación

Los sistemas de alimentación en los cuyes deben adecuarse de acuerdo a la disponibilidad de alimento, costos, tipo de crianza (familiar, familiar comercial y comercial) y a la disponibilidad de alimento. Existen 3 sistemas de alimentación: con forraje, con forraje más balanceado, balanceado más agua y vitamina C. Estos sistemas

pueden practicarse en forma individual o alternada, de acuerdo con la disponibilidad de alimento existente en el sistema de producción y costo a lo largo del año (Meza *et al.*, 1994).

2.6.1 Alimentación básica con forraje

En la explotación tradicional la alimentación del cuy se basa en un 80% a la provisión de pastos verdes y algunas malezas, suplementada en ocasiones con desperdicios de cocina y hortalizas. La alimentación no llena los requisitos mínimos nutricionales del animal, por lo que se presenta susceptibilidad a la presencia de enfermedades, además índices bajos de natalidad y menores pesos al nacimiento y destete. La alimentación solo con forraje, es solo bien utilizada por los cuyes criollos o en algunos casos por cuyes cruzados. Otro aspecto importante es que con esta forma de alimentar a los animales se logran pesos comerciales en no menos de 120 días y para la crianza comercial este período de explotación es muy largo, comparado con el período de engorde que es de entre 60 y 75 días, utilizando concentrado y forraje. Un animal de 500 a 800 g de peso satisface sus exigencias nutricionales, consumiendo cantidades que van de 150 a 240 g de forraje por día. El forraje verde constituye la fuente principal de nutrientes, en especial de vitamina C. Es importante indicar que con una alimentación basada en forraje no se logra el mayor rendimiento de los animales, pues cubre la parte voluminosa y no llega a cubrir los requerimientos nutritivos (Rico y Rivas, 2003).

2.6.2 Alimentación mixta

La alimentación de cuyes en nuestro medio está basada en el empleo de alimentos voluminosos (forrajes) y poco uso de concentrados, alimento que completa una buena

nutrición, para obtener rendimientos óptimos es necesario adicionar a la alimentación productos accesibles desde el punto de vista económico y nutricional, debido a que el forraje asegura la ingestión adecuada de fibra y vitamina C y ayuda a cubrir en parte los requerimientos de algunos nutrientes y el concentrado satisface los requerimientos de proteína, energía, minerales, y vitaminas (Rico y Rivas, 2003).

La disponibilidad de alimento verde en la explotación cavícola no es constante a lo largo del año, se evidencia meses de mayor producción y épocas de escasez por la falta de agua de lluvia o de riego. En estos momentos la alimentación se torna crítica, debiéndose estudiar diferentes alternativas, como es el uso de concentrado, granos o subproductos industriales (afrecho de trigo o residuo seco de cervecería) como suplemento al forraje. En diferentes ensayos se ha demostrado la superioridad del comportamiento de los cuyes cuando reciben un suplemento alimenticio conformado por una ración balanceada. Un animal mejor alimentado exterioriza de mejor forma su bagaje genético y notablemente su conversión alimenticia que puede llegar a valores intermedios entre 3.09 y 6.0. De la misma forma cuyes de un mismo germoplasma alcanzan incrementos de 546.6 g cuando reciben una alimentación mixta, mientras que los que recibían únicamente forraje alcanzaban incrementos de 274.4 g (FAO, 2001).

El consumo de balanceado está regulado por la cantidad de forraje que dispone el animal, normalmente consume de 10 a 50 g de balanceado según la edad del animal. Con el uso de balanceado se logra mayores incrementos de peso en los animales de engorde y crías numerosas y buen peso en los animales de reproducción (Enríquez y Rojas, 2004).

2.6.3 Alimentación a base de concentrado

Este sistema de alimentación permite el aprovechamiento de los insumos con alto contenido de materia seca, siendo necesario el empleo de vitamina C en el agua o alimento (ya que no es sintetizada por el cuy), se debe tomar en cuenta que la vitamina C es inestable, se descompone, por ello se recomienda evitar su degradación, utilizando vitamina C protegida y estable. Sin embargo, este sistema de alimentación no se puede utilizar en forma permanente, sino más bien complementar periódicamente con forraje (Rico y Rivas, 2003).

2.7 La cebada (Nestares, 2014).

2.7.1 Origen

Se atribuye a Etiopía y África del Norte como centros de origen de la cebada, donde han sido encontradas muchas de las variedades cubiertas con barba o arista largas. En el Perú, el cultivo de la cebada existe desde la colonia, sirvió exclusivamente para la alimentación del ganado, posteriormente se le dio la importancia industrial

2.7.2 Descripción de la planta

La cebada es una gramínea del género *Hordeum*. El sistema radicular es muy superficial, adventicio, profundiza más o menos 25 cm; el tallo es de aproximadamente 60 a 80 cm; su hoja es más ancha que la del trigo, sale de cada nudo tratando de cubrir el tallo. Inflorescencia en espiga. En la actualidad el cultivo de cebada está más extendido que el de los otros cereales, se siembra a grandes alturas y en lugares que no son apropiados para el maíz y el trigo.

2.7.3 Variedades

Existen variedades que se han adaptado a diversas condiciones agroclimáticas.

2.7.4 Manejo y utilización

Durante los meses de junio a setiembre, los pastos naturales de las praderas escasean. Es la época donde se necesita pastos verdes complementarios y la cebada es una especie que puede ser cultivada todo el año. Es el cereal forrajero más precoz. El ganado lo consume principalmente como forraje verde, porque es altamente palatable, de allí la importancia de la utilización oportuna durante la fase lechosa o al inicio del espigado, cuando la planta es más rica en proteínas, contiene menos fibra y por lo tanto es más digestible. Está comprobado que en un suelo carente de algún elemento mineral, la cebada también es deficiente de este mineral, generalmente del calcio. Es recomendable la asociación con una leguminosa para obtener mayor rendimiento, y lograr mayor cantidad de materia seca.

2.8 Forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenido a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. Es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal. En la práctica, el FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo (FAO, 2001).

Se desarrollan en un período de 10 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva. El proceso de producción del forraje verde hidropónico es un concepto nuevo de producción, ya que no requiere grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento. El forraje verde hidropónico es destinado para la alimentación de cuyes, vacas lecheras, caballos de paso y de carreras, ovinos, conejos, y cualquier otro animal que requiera forraje (Tarrillo, 1999).

Llega a medir aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de plena aptitud comestible para los animales. Su valor nutritivo se obtiene debido a la germinación de los granos y la etapa en que se ofrezca a los animales. La digestibilidad se reporta entre 95 y hasta 98 % (Vargas, 2008).

Se produce el cultivo en invernadero, permitiendo el control del gasto de agua y de todos los elementos del micro-clima, con la finalidad de producir forraje inclusive en condiciones adversas de clima, para sustituir muchas veces el alimento procesado (Valdez, 2013).

2.8.1 Ventajas del forraje hidropónico

2.8.1.1 Ahorro de agua

En el sistema de producción de forraje hidropónico las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca. Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con

un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18%. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días; Esta alta eficiencia del forraje hidropónico en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se hayan observado y se observen generalmente en países con eco-zonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de producción de forraje hidropónico por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías (FAO, 2001).

2.8.1.2 Eficiencia en el uso de espacio

El sistema de producción de forraje hidropónico puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil (Sánchez, 1997).

2.8.1.3 Eficiencia en el tiempo de producción

La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del forraje hidropónico (Hidalgo, 1985).

2.8.1.4 Inocuidad

El FVH producido, representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas

indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción (Sánchez, 1997).

2.9 Desventajas del forraje hidropónico

2.9.1 Desinformación y sobrevaloración de la tecnología

Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema. Se debe tener presente que, por ejemplo, para la producción de forraje verde hidropónico sólo precisamos un fertilizante foliar el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno. El FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (Marulanda e Izquierdo, 1993).

Romero *et al.* (2009), reportan que una desventaja que presenta de la producción del FVH es el elevado costo de implementación. Sin embargo, éste es rentable debido a la alternativa que ofrece y su equipamiento podría hacerse en medida y tamaño conforme las necesidades de cada productor.

2.10 Forraje verde hidropónico de cebada

La utilización del forraje verde hidropónico obtenido a partir de la semilla de la cebada cervecera variedad Triumph ha provocado un aumento de producción en vacas lecheras existiendo también en este caso antecedentes en el uso del maíz, sorgo, trigo, arroz y triticale; así mismo la sustitución del 75% del concentrado que se les da a los conejos, por FVH de cebada ayuda a alcanzar un peso de faena de 2.1 a 2.3 kg en 72 días (Sánchez, 2000).

Tabla 2. Comparación entre las características del forraje verde hidropónico (FVH) de cebada y otras fuentes alimenticias (Sepúlveda, 1994).

	FVH (cebada)	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3 216	3 000	1 680	1 392
Proteína cruda (%)	25.0	30.0	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80.0	47.0	39.0
Kcal digestible/kg	488	2 160	400	466
Kg proteína digestible/Tm	46.5	216	35.74	12.41

2.10.1 Forraje verde hidropónico en la alimentación animal

Un gran número de experimentos y experiencias prácticas han demostrado que la producción de FVH es una herramienta eficiente y útil en la producción animal, algunos resultados demuestran aumentos significativos de peso vivo en corderos precozmente destetados al suministrarles dosis crecientes de FVH hasta un máximo comprobado de 300 gramos de materia seca al día (Sánchez, 2000).

Ocurre un mejor índice de beneficio costo en el engorde de conejos alimentados con FVH de maíz cultivado con abono foliar inicial (León *et al.*, 2007).

También se obtuvieron en vacas lecheras aumento en la producción de leche del 10 a 23.7 %; grasa de la leche de 13.4 a 15.2 %; incremento de la fertilidad por su alto contenido en vitamina E, mejora en la salud del animal, disminución de la incidencia de mastitis, elevada producción de carne y carga animal por hectárea al suministrar 36 kg/vaca/día de forraje verde hidropónico de maíz (Rodríguez y Tarrillo, 2008).

2.11 Factores ambientales que influyen en la producción de FVH

2.11.1 Luz

Es la energía que necesitan para realizar la fotosíntesis, por medio de la cual logran llevar a cabo sus diferentes etapas de desarrollo, desde su crecimiento hasta su producción, las carencias de luz inclinan los tallos hacia la fuente que los produce debilitándolos luego, las hojas palidecen y se tornan quebradizas, se detiene su crecimiento y pueden morir; la luz solar no debe ser excesiva, ya que causa quemazón en las plantas, principalmente en las bandejas superiores (Samperio, 1997).

2.11.2 Temperatura

Para obtener una óptima producción de forraje hidropónico, la temperatura debe estar entre 22°C y 25°C; las temperaturas extremas afectan el rango de adaptación teniendo que ser lo más constante posible; un exceso de calor puede causar hongos y una temperatura baja retarda el crecimiento (Jiménez, 2013).

2.11.3 Humedad

Es de gran importancia para procurar condiciones de asimilación adecuadas, ya que ejerce una influencia directa en el trabajo que desempeñan las hojas, debe oscilar entre

65 y 70 % para asegurar un adecuado desarrollo del sistema radicular, ya que las radículas de las plantas jóvenes son incapaces de crecer en ambientes secos, la humedad se consigue con una adecuada frecuencia de riegos y de la evapotranspiración de las plantas, si la humedad no es suficiente no sería posible la absorción de CO₂, y por lo tanto no tendría lugar la asimilación de nutrientes (Samperio, 1997).

2.11.4 Calidad de agua

La condición básica que debe presentar el agua para ser usada en sistemas hidropónicos es característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Para el caso en que la calidad de agua no sea la conveniente, será imprescindible realizar un análisis químico detallado de la misma, existen criterios en el uso del agua para cultivos hidropónicos respecto a contenido en sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro); contenido de microorganismos patógenos; concentración de metales pesados y concentración de nutrientes y compuestos orgánicos (FAO, 2001).

2.11.5 Oxigenación

Es muy importante ya que a través de esta realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular. El oxígeno al oxidar los minerales, se convierte en catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular, las raíces dependen fundamentalmente de una óptima oferta de oxígeno, pues de lo contrario, aunque se les aporte los nutrientes adecuados, se tendrá un cultivo precario o en casos más graves podrán morir las plantas (Samperio, 1997).

2.12 Análisis bromatológico del forraje hidropónico de cebada

Análisis químico bromatológico de 18 días de cosecha. Esta información inicial nos permite tener una idea del aporte de nutrientes del FVH a los animales.

Tabla 3. Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico de cebada (Quispe *et al.*, 2016).

MS (%)	PC (%)	FC (%)	EE (%)	ELN (%)	C (%)	FDN (%)
16.22	14.78	16.95	3.55	60.30	4.42	63.68

2.13 Ganancia de peso

Peso vivo a edad de destete y/o beneficio (Montes, 2012).

2.14 Velocidad de crecimiento

Se entiende como la ganancia de peso por día hasta la edad en que llega al peso mínimo para ser beneficiado (peso mínimo comercial). Está relacionado a la característica de precocidad del cuy (Montes, 2012).

2.15 Índice de conversión alimenticia

Cantidad de alimento (gramos) necesario para que el cuy logre incrementar 1 gramo de peso (Montes, 2012).

2.16 Canal o carcasa (NTP 201.058, 2006)

Cuerpo del animal después de haber sido faenado. En el caso de cuyes, con piel con o sin menudencias.

Apéndices: comprende cabezas y extremidades (manos y patas). Forma parte del conjunto llamado menudencias.

Víscera: Comprende los órganos respiratorios, digestivos, circulatorios, urogenitales y nerviosos forman parte del conjunto llamado menudencias. En el caso del cuy comprende: corazón, pulmones, riñones e hígado.

2.17 Proceso de faenado (NTP 201.058, 2006)

Comprende las diferentes operaciones realizadas para la obtención de canales o carcasas para fines de consumo humano, de acuerdo a las normas legales vigentes.

Beneficio y sangría: Este proceso estará a cargo de un operario, el cual tomará al cuy, lo desnucará y degollará. Seguidamente se debe mantener al animal por las extremidades para que la sangre se escurra, la duración de este proceso es de aproximadamente 10 minutos.

Escaldado y pelado: El pelado del animal consiste en quitarle los pelos de la piel. Para ello es necesario sumergir al cuy en agua a unos 70 a 75 °C. Luego, con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, se le repasa la piel retirando los pelos faltantes con facilidad.

Eviscerado: Después de haber sido pelado el cuy es depositado a una bandeja para ser trasladado a la mesa de eviscerado, operación que también se realiza de manera manual,

con cuchillos de acero inoxidable. Las vísceras son retiradas de la cavidad abdominal.

Lavado y oreado: Las carcasas ya cortadas serán recogidas por el mismo operario que está a cargo del lavado. Una vez que el operario ha terminado de lavar el lote de cuyes se procederá a colgarlos en rieles para su oreado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo y nivel de investigación

Dado los objetivos para la presente investigación y de acuerdo a la naturaleza de los componentes del estudio, el trabajo se enmarca en el tipo de investigación:

- Experimental, ya que se elaborará adrede tres dietas para alimentar cuyes.
- Prospectivo, debido a que se recolectará datos durante la ejecución de la investigación.
- Longitudinal, porque se medirá la ganancia de peso vivo varias veces.
- Analítico, ya que se analizará varias variables.

El nivel de la investigación es de tipo explicativo.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Ubicación

El estudio se realizó en una granja familiar, ubicada en el distrito de Tamburco, provincia de Abancay, región de Apurímac, que limita con las regiones de Arequipa, Cusco y Ayacucho. El distrito de Tamburco tiene una superficie de 54.6 km². Se encuentra ubicado en los pisos ecológicos correspondientes a las regiones Quechua, Suni y Puna entre 2 581 y 4 800 msnm. Latitud Sur 13°37'01" y Latitud oeste 72°52'16". La humedad relativa varía entre 59-70%. La precipitación anual varía de 641 a 1,119 mm/año.



Figura 1. Lugar de la experimentación

3.3 Materiales de instalación

Se emplearon jaulas de madera y malla galvanizada con una superficie de 1.5 m², provisionadas con bebederos de arcilla y comederos de plástico tipo tolva; además de una balanza electrónica de 5 kg y 1 gramo de precisión.

3.4 Muestra de investigación

Se emplearon 45 cuyes machos tipo 1 mejorados con pelaje corto y lacio a partir del destete, con una edad entre 12 y 15 días de vida, los que fueron repartidos equitativamente al azar en 3 tratamientos. Por otra parte, se adquirió tres variedades de semilla, 60 kilos por variedad, en la provincia de Cusco, identificadas por los propios productores de acuerdo al Instituto Nacional de Investigación Agraria.

Tabla 4. Distribución de las unidades de observación por tratamientos

Tratamientos	Número de cuyes
Forraje verde hidropónico de cebada (INIA 411 San Cristóbal) + concentrado.	15
Forraje verde hidropónico de cebada (Grignon) + concentrado.	15
Forraje verde hidropónico de cebada (Moronera INIA) + concentrado.	15
Total	45

3.5 Recolección de información

Se recolectó la información con ayuda de una balanza electrónica de 5 kg Y DE 30 kgde capacidad y un gramo de precisión, una computadora portátil, registros de producción y materiales de escritorio.

3.5.1 Rendimiento del forraje verde hidropónico

El rendimiento del forraje verde hidropónico se evaluó a los 14 días post siembra, este parámetro representa la biomasa de FVH producida por cada kg de semilla.

3.5.2 Ganancia de peso vivo (GPV)

Se evaluó la ganancia de peso vivo (GPV) cada siete días durante seis semanas (42 días), tomando en cuenta el peso inicial (PVI) y final (PVF), de la siguiente manera:

$$GPV = PVF - PVI$$

3.5.3 Índice de conversión alimenticia (CA)

El CA se obtuvo mediante la división del consumo neto de alimento y el incremento de peso, para esto se aplicó la siguiente fórmula:

$$CA = CS/GPV$$

Donde:

CA = Conversión alimenticia,

CS = Consumo de alimento,

GPV = Ganancia de peso vivo.

3.5.4 Peso y rendimiento de carcasa (RC)

Para determinar esta variable se beneficiaron a los cuyes, a los cuales previamente se registraron sus respectivos pesos vivos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$RC = \left(\frac{P_{canal}}{P_{beneficio}} \right) \times 100$$

Donde:

RC: Rendimiento de carcasa,

P_{canal}: Peso de la canal (carcasa),

P_{beneficio}: Peso del animal al beneficio.

3.5.5 Determinación de la rentabilidad económica

El ratio de rentabilidad para T1, T2 y T3 fue determinado solo con fines comparativos, tomando en cuenta el siguiente procedimiento:

- Se calculó los ingresos, tomando en cuenta la ganancia de peso vivo (GPV) logrado durante el periodo experimental de todos los individuos, a un precio de mercado de S/. 22 / kg.
- Se calculó los egresos, tomando en cuenta solo los costos incrementales, es decir los relacionados al tipo y cantidad de alimento consumido, durante el periodo experimental. El precio de la cebada fue S/. 2 / kg en T1 y T2 y S/.2.5 / kg en T3 (depende de la variedad).
- Se halló la utilidad bruta o pérdida, restando los egresos de los ingresos.
- Finalmente, se halló la rentabilidad, que resulta de dividir la utilidad neta entre el monto de la inversión, multiplicado por 100.

Fórmula para hallar la rentabilidad:

$$Rentabilidad = \frac{Utilidad\ neta * 100}{Inversión}$$

3.6 Experimentación

3.6.1 Descripción de la experimentación

3.6.1.1 Preparación del galpón

Fueron limpiados las paredes, ventanas, pisos y jaulas antes de iniciar la investigación, con hipoclorito de sodio al 5% y un día después, se aplicó Cipermetrina con una fumigadora; a los tres días se empleó Cresota, lo que se repitió a los 5 días posteriores para garantizar la desinfección del galpón de crianza. Fue necesario orear por un periodo de 48 horas para evitar intoxicaciones. Las jaulas de madera y malla

galvanizada, existentes, con una superficie de 1.5 m² provisionadas con comederos tipo tolva y bebederos de arcilla; fueron acomodados y distribuidos para la experimentación.

3.6.1.2 Recepción e identificación

Los animales fueron evaluados clínicamente, identificados con aretes metálicos numerados del 1 al 45 en la oreja derecha y distribuidos aleatoriamente en tres jaulas correspondientes cada una a los tratamientos. Fueron registrados antes de iniciar la fase de experimentación los pesos vivos iniciales con una balanza electrónica de 1 g de precisión y analizados mediante el ANOVA ($\alpha = 0.05$) con el objeto de verificar su homogeneidad.

3.6.1.3 Producción de forraje verde hidropónico

La producción de forraje verde hidropónico se realizó en un módulo de producción de 85 cm de largo x 85 cm de ancho y 2.2 m de alto, con una capacidad para 40 bandejas (60x40cm), el módulo se dividió en 2 áreas, la primera para la germinación (área oscura) y la segunda para la producción (área para la fotosíntesis). El procedimiento seguido fue el siguiente:

- a. Selección, pesado y desinfección de semillas:** la semilla fue seleccionada por variedades, pesando para cada bandeja 1 kg. Posteriormente, es lavada dos veces en un recipiente de 18 litros, primero con agua para liberarla de sus impurezas y luego añadiendo hipoclorito de sodio al 1% (10 ml / 1 litro) durante 30 minutos para una buena desinfección.

- b. Remojo:** una vez desinfectadas las semillas y filtrada el agua con hipoclorito de sodio al 1% (lejía), nuevamente son sumergidas en agua durante veinticuatro horas, al término de este periodo se filtra el agua y se deja orear por 48 horas.
- c. Germinación:** después del oreo, cuando brotaron las raíces (2 a 3 cm) se depositó homogéneamente las semillas en bandejas respetando las variedades, las cuales fueron colocadas secuencialmente en los seis niveles del área de germinación (se cambia de nivel por día); se asperjó durante un minuto tres veces al día (7, 13, 18 horas).
- d. Producción:** las bandejas fueron trasladadas al área de producción conformada por cinco niveles, como en el caso anterior el cambio de nivel es por día y se regaron por goteo de agua proveniente de los pisos superiores (área de germinación). Antes de suministrar a los cuyes el FVH fue oreado para eliminar el exceso de humedad.

3.7 Análisis del valor nutricional

Se analizaron tres muestras de FVH por cada tratamiento, las mismas fueron oreadas sobre papel craft durante 48 horas antes de ser sometidas a una temperatura de 55°C en una estufa durante 3 días para su deshidratación completa y luego enviarlas al Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal – UCSM, E.P. Medicina Veterinaria y Zootecnia (Arequipa-Perú).

Tabla 5. Análisis bromatológico de las tres variedades de forraje hidropónico cebada (FVH)

Parámetros nutricionales	Unidad	INIA 411 San Cristóbal	Grigñon	Moronera INIA
Materia seca total (MST)	(%)	14.71	14.77	18.82
Proteína cruda (PC)	(%MS)	15.67	11.18	8.78
Extracto etéreo (EE)	(%MS)	1.95	2.24	1.90
Fibra detergente neutra (FDN)	(%MS)	41.81	34.76	36.45
Fibra detergente ácida (FDA)	(%MS)	21.59	17.33	17.69
Lignina detergente ácido (LDA)	(%MS)	2.06	1.79	2.27
Hemicelulosa (HCEL)	(%MS)	20.23	17.43	18.76
Celulosa (CEL)	(%MS)	19.53	15.54	15.43
Cenizas (CZS)	(%MS)	3.69	3.48	3.14
Carbohidratos no fibrosos (CNF)	(%MS)	36.88	48.34	49.73
Nutrientes digestibles totales	(%)	66.16	69.36	69.08
Energía digestible (ED)	(Mcal/kgMS)	2.49	2.60	2.59

Laboratorio de Nutrición y Alimentación animal – UCSM, E.P. Medicina Veterinaria y Zootecnia (2016).

Tabla 6. Composición nutricional del alimento comercial

Parámetros nutricionales	Porcentaje
Proteína	15.00 % Mín.
Carbohidratos	45.00 % Mín.
Grasas	2.00 % Mín.
Fibra	16.00 % Máx.
Cenizas	10.00 % Máx.
Calcio	0.90 % Mín.
Fósforo	0.50 % Mín.
Humedad	11.00 % Mín.

Tomasino ® (2017).

3.8 Conformación de la dieta

El alimento ofrecido se elaboró tomando en cuenta la materia seca (MS) del forraje verde hidropónico de cebada y concentrado comercial (Tomasino ®). La proporción de la mezcla fue 60% de forraje verde hidropónico de cebada y 40% de concentrado comercial (Tomasino ®), esta fue calculada semanalmente respecto al peso vivo de los cuyes.

3.9 Características productivas del forraje hidropónico

Se determinó cada 14 días la altura y peso del FVH, logrados de un kilogramo de cebada, variedad INIA 411 San Cristobal (T1), Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3), durante 7 semanas, totalizando 49 repeticiones por cada variedad. La altura, fue medida mediante una regla milimétrica de 30 cm y el peso calculado con una balanza digital con una precisión de 0.01 g.

3.10 Manejo de los cuyes en la experimentación

3.10.1 Suministro de alimento

Se suministró el forraje verde hidropónico a las 6 am, el concentrado comercial a las 5 pm, y el agua *ad libitum*. Los residuos alimentarios se pesaron mediante una balanza digital y registraron diariamente.

3.10.2 Pesado de los animales

Los cuyes fueron pesados cada 7 días a las 5 am antes de suministrarles los alimentos, mediante una balanza digital. Los pesos fueron registrados en un cuaderno de campo, considerando el número del arete.

3.10.3 Limpieza de las jaulas

La limpieza de las jaulas, comederos y bebederos se realizó diariamente.

3.11 Procesamiento y análisis de datos

Se calculó para las variables cuantitativas, la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación. El ANOVA utilizado fue de un solo factor (tipo de alimento). La notación que expresa el diseño empleado es:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde X_{ij} es la variable respuesta para la j -ésima observación en el i -ésimo tratamiento, μ es la media general de la población, α_i es el i -ésimo efecto del tratamiento, que es la diferencia entre la media del i -ésimo tratamiento y la media general de la población, y ε_{ij} es el error experimental (Navidi, 2006).

Los promedios de la producción de forraje verde hidropónico de cebada fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (FVH)

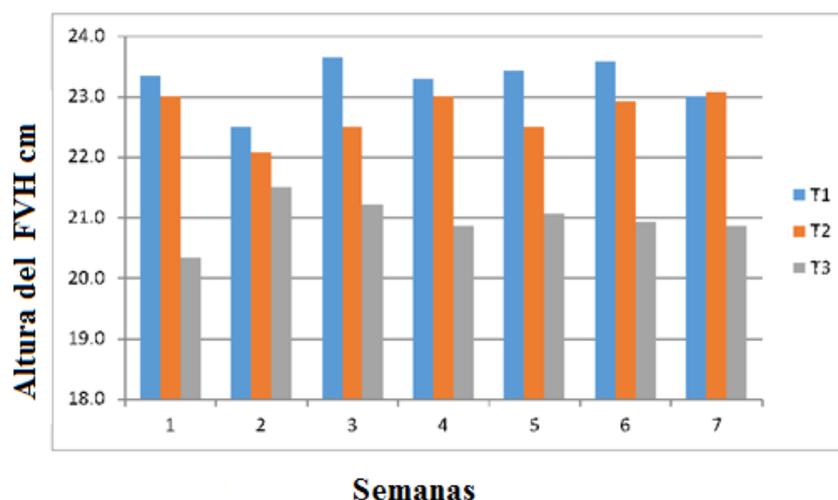
En la Tabla 7 se muestra el rendimiento y altura del FVH obtenido en tres variedades de cebada, se puede observar que se obtuvo el mejor rendimiento y altura con T1 (4.8:1 kg y 23.3 cm) respecto a T2 (4.5:1 kg y 22.8 cm) y T3 (4.0:1 kg y 21.0 cm). Referente al rendimiento de biomasa por kilogramo de cebada, Gómez (2007) obtuvo 8.0:1 kg durante 13 días de producción, aproximadamente 3.5 kg sobre lo determinado por nosotros, esto se podría deber a diversos factores como la humedad y temperatura ambiental, uso de una solución nutritiva, calidad de agua y semilla. Aunque, Parihuana (2010), indica que se puede lograr un rendimiento de FVH sin solución nutritiva en las variedades Centenario (7.38:1), San Cristóbal INIA 411 (8.04:1), INIA 416 (6.84:1) por kg de semilla, en este caso los resultados son superiores a lo logrado en la presente investigación muy probablemente al tiempo de cosecha (30 días), es decir 16 días adicionales al nuestro. Por otra parte, Aguilar (2016), logró un rendimiento de 7.0:1 kg de semilla en un estudio que incluyó la fertilización con solución nutritiva y fue cosechado después de los 12 días. En forma similar Hernández (2011), reportó un rendimiento de 6.45:1 kg de semilla, cosechados a los 12 días, solamente utilizando agua.

Tabla 7. Peso y altura del FVH logrado de un kilogramo de cebada, variedad INIA 411 San Cristobal (T1), Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3)

	Variedades de cebada			Sig.
	T1	T2	T3	
Peso (g)	4 817 ^a ± 163.39	4 511 ^b ± 613.00	4 012 ^c ± 195.13	***
Altura (cm)	23.3 ^a ± 65	22.8 ^b ± 89	21.0 ^c ± 95	***

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa (P<0.05) a la prueba de Tukey. ***P<0.001.

De acuerdo a la Figura 2 se puede determinar que en T1 el FVH creció más o demostró una mejor capacidad foliar en relación a T2 y T3. Esta diferencia se debería al genotipo de la semilla utilizada. A su vez, Hernández (2011), obtuvo una altura de 23.66 cm, resultado mayor a lo que se pueden observar en la Tabla 7, a pesar de que el tiempo de cultivo fue menor (12 días). En oposición Parihuana (2010) determinó en las variedades, Centenario, San Cristóbal INIA 411, INIA 416, una altura de 28.14 cm, 25.89 cm y 23.53 cm, respectivamente, durante 30 días de cultivo, lo que demuestra que no necesariamente el tiempo de cultivo es determinante para lograr una mejor altura del FVH y más bien se debería a la calidad del agua y otros factores ambientales.



T1= INIA 411 San Cristóbal; T2= Grigñon; T3 = Moronera INIA.

Figura 2. Crecimiento del FVH de tres variedades de cebada por semana

4.2 Ganancia de peso vivo

Como se puede observar en la Tabla 8 la ganancia de peso vivo lograda con la variedad INIA 411 San Cristóbal (T1) fue ligeramente mayor a los otros tratamientos debido probablemente a su superioridad en el contenido de proteína cruda en 4.5% y 6.9% respecto a la variedad Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3). Sin embargo, cabe resaltar que los pesos iniciales, finales y ganancia de peso vivo al análisis estadístico no fueron diferentes significativamente ($P>0.05$). Otra cosa que se puede apreciar es la alta variabilidad de los datos en T2 que sería debido a cierta heterogeneidad en la edad de los cuyes debido a que fueron comprados de tres diferentes productores.

Tabla 8. Ganancia de peso vivo, pesos iniciales y finales de cuyes alimentados con tres diferentes dietas

Pesos (g)	Dietas			Sig.
	T1	T2	T3	
PVI	284 ± 60	314 ± 71	264 ± 43	n.s.
PVF	782 ± 147	799 ± 150	693 ± 94	n.s.
GPVT	497.40 ± 113.8	484.80 ± 129.8	429.40 ± 68.2	n.s.

T1 = INIA 411 San Cristóbal; T2= Grigñon; T3 = Moronera INIA; PVI = Peso vivo inicial; PVF= Peso vivo final; GPVT= Ganancia de peso vivo total; n.s. = No significativo.

Miranda (2014), encontró una ganancia de peso vivo de 353 g, en cuyes alimentados durante 60 días con forraje verde hidropónico, producidos sin solución nutritiva. Este resultado es menor a lo obtenido durante 42 días en nuestro estudio, muy probablemente al tipo de cuy utilizado. Sin embargo, también existen estudios donde utilizando la misma alimentación, se ganó 516 g de peso vivo durante 63 días (García, 2011). Otros

trabajos como el de Quintana *et al.* (2013), muestran que trabajando con alfalfa se puede lograr una ganancia de 419 g durante 60 días, cifra inferior muy probablemente debido que las dietas combinadas con concentrado son más completas nutricionalmente y mayormente aceptadas por el cuy (Chauca, 1997). En ese sentido Cayllahua *et al.* (2015) que con niveles de sustitución de 25% de alfalfa por FVH proporciona mejores ganancias de peso en cuyes machos, llegando a alcanzar los 510 g de ganancia de peso vivo en 42 días.

4.3 Índice de conversión alimenticia (CA)

La Tabla 9 muestra la conversión alimenticia para cada tratamiento a los 42 días del experimento, donde el T1 reporta la mejor conversión alimenticia, en relación a los otros tratamientos. Resaltamos que los cálculos realizados fueron hechos con base al total de animales de cada tratamiento.

Tabla 9. Consumo de materia seca (g), ganancia de peso vivo total (g) de cada tratamiento y conversión alimenticia en cuyes a los 42 días del experimento

	T1	T2	T3	Sig.
Consumo de alimento (g)	1990	2123.5	1767.8	-.-
GPVT (g)	497.4 ± 113.8	484.8 ± 129.8	429.4 ± 68.2	n.s.
Conversión alimenticia	4.0 ± 1.6	4.38 ± 1.5	4.12 ± 1.0	n.s.

T1= INIA 411 San Cristóbal; T2= Grigñon; T3 = Moronera INIA; GPVT= Ganancia de peso vivo total; n.s.= No significativo.

Gómez (2007), durante 45 días probó tres dosis (0.50, 0.75 y 1 kg) de siembra de cebada por bandeja (0.250 m²) para lograr FVH, halló una CA de 4.40, 4.40 y 4.23 respectivamente, similares a lo reportado en la Tabla 9. No obstante, Miranda (2014), obtuvo una CA alta de 7.8, utilizando la misma alimentación en 60 días y García

(2011), una CA de 8.79, utilizando forraje verde hidropónico de cebada + concentrado, durante 63 días.

Otros trabajos, como el de Guevara *et al.* (2016), muestran cifras menores al evaluar el efecto del aceite de pescado y la semilla de Sacha Inchi en diversas proporciones de la dieta, obteniendo una variación de CA = 3.53 – 3.73. En todo caso el tipo de alimento es otra variable a tomar en cuenta para mejorar la CA.

4.4 Peso y rendimiento de carcasa

En la Tabla 10 se muestra que el peso carcasa promedio obtenido en T1, es mayor numéricamente que el resto. En cuanto al rendimiento de carcasa se observa que T2 es relativamente superior a T1 y T3. Sin embargo, el PVF y PC de los tres tratamientos no son diferentes significativamente ($P>0.05$). Gómez (2007), encontró resultados similares al nuestro de 67%, 65.4% y 64.9%, evaluando tres densidades de siembra (0.50, 0.75 y 1.0 kg de cebada por bandeja).

Tabla 10. Peso y rendimiento de carcasa de cuyes alimentados con FVH de cebada, variedad INIA 411 San Cristobal (T1), Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3)

Variable	Tratamiento			Sig.
	T1	T2	T3	
PVF _{7 animales} (g)	816.3 ± 160.9	775.1 ± 110.4	750.3 ± 58.3	n.s.
PC _{7 animales} (g)	549.4 ± 108.3	529.4 ± 75.4	498.2 ± 38.7	n.s.
Rendimiento carcasa (%)	67.3	68.3	66.4	.-

PVF = Peso vivo final; PC = Peso carcasa; n.s. = No significativo.

Al contrastar nuestros resultados con lo determinado por Guevara *et al.* (2016), estos son inferiores a lo estimado por ellos (alrededor del 70%), debido probablemente a que

usaron dietas suplementadas con aceite de pescado y Sacha Inchi, los cuales son más energéticas y proteicas que el FVH.

4.5 Rentabilidad

En la Tabla 11 se observa la rentabilidad obtenida en los tres tratamientos, en esta parte es necesario precisar que los ratios conseguidos son únicamente para efectos comparativos. De acuerdo a los resultados el T1 es el que genera una mayor rentabilidad, le sigue el T2 y T3 en orden de importancia. Si hacemos una retrospectiva de lo descrito anteriormente el T1 es donde se obtuvo una mejor ganancia de peso vivo, lo que concuerda con los datos económicos. La conversión alimenticia es mejor en T1 comparado con T2 y T3, lo que nos sugiere que esta variable quizás influya en mejorar la rentabilidad.

Tabla 11. Rentabilidad con fines comparativos del FVH utilizado en la alimentación de cuyes

Indicadores	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Ingresos por GPV (S/.)	164.14	159.98	141.7
Egresos (S/.)	78.99	87.66	77.92
Utilidad bruta (S/.)	85.15	72.33	63.78
IGV (18%)	15.33	13.02	11.48
Utilidad neta (S/.)	69.82	59.31	52.3
Rentabilidad (%)	88.39	67.66	67.12

T1= INIA 411 San Cristóbal; T2= Grigñon; T3 = Moronera INIA.

En la Tabla 11 se puede observar que, en el T1, T2 y T3 se gana 88.39; 67.66 y 67.12 céntimos por cada sol invertido. García (2011), obtuvo una rentabilidad aproximada al utilizar FVH de cebada + concentrado de 96.78%, superior a lo hallado por nosotros, que podría deberse a la duración del periodo experimental (63 días).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El mejor rendimiento y altura de FVH fue obtenida utilizando el INIA 411 San Cristóbal (T1), seguido del Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3) ($P < 0.05$).
- No hubo diferencia entre el INIA 411 San Cristóbal (T1), Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3) ($P > 0.05$) respecto a la ganancia de peso vivo en cuyes desde el destete hasta la sexta semana de edad.
- La conversión alimenticia del FVH de la cebada (*Hordeum vulgare*) y concentrado comercial se encuentra en el intervalo de 4 a 4.38.
- El peso y rendimiento de carcasa en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con FVH de tres variedades cebada (*Hordeum vulgare*) es similar ($P > 0.05$).
- La mejor rentabilidad considerando el costo variable al usar el FVH en la alimentación de cuyes es con la variedad INIA 411 San Cristóbal (T1), le sigue Grigñon (T2) y Moronera INIA (T3).

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el forraje verde hidropónico en la alimentación de cuyes, como una alternativa para optimizar el uso del agua.
- Realizar investigaciones en otras especies animales utilizando como alimento el forraje verde hidropónico logrado con diferentes tipos de gramíneas.
- Probar soluciones nutritivas orgánicas para mejorar el rendimiento productivo del forraje verde hidropónico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar I.M. 2016. Producción de forraje verde hidropónico para optimizar el uso de agua y su impacto en el nivel de ingreso del productor de cuyes en el valle Tacna-2013. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
2. Bourliux, P.; Koletzko, B.; Guarner, F.; Braesco, V. 2002. The intestine and microflora are partners in protection of the host. *Am J Clin Nutr*, 78: 675-683.
3. Bungarín, M.R.; Baca, G.A.; Martínez. J.H.; Tirado, J.L.T. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. II. Extracción nutrimental de hojas. *Rev. Terra Lat.*; 16 (2): 125-134.
4. Carrasco, J. 1994. Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
5. Cárdenas, R.R. 2012. Determinación de la calidad maltera de cuatro líneas mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare L.*) nacional. Tesis de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
6. Cayllahua, F.; Condori, D.U. 2015. Sustitución gradual de la alfalfa (*Medicago sativa L.*) por el germinado de cebada (*Hordeum vulgare*) en raciones de cuyes (*Cavia porcellus L.*) en la etapa de crecimiento. *Rev. Comp. Cienc.; Vet*; 9 (2): 07-21.
7. Chauca, L. 2015. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. En:

- http://books.google.com.pe/books?id=VxLVzsZ5HWcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Consulta: 9 de mayo de 2015).
8. Chauca, L. 2005. Producción de cuyes, importancia y perspectivas. Conferencia VII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lima, Perú.
 9. Chauca, L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Estudio FAO producción y sanidad animal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, Italia.
 10. Clemente, E.; Arbaiza, T.; Carcelén, F.; Lucas, O.; Bazán, V. 2003. Evaluación del valor nutricional de la *Puya llatensis* en la alimentación del cuy (*Cavia porcellus*). Rev. Inv. Vet. Perú, 14 (1): 1-6.
 11. Enríquez, M.R.; Rojas, F.W. 2004. Normas generales para la crianza de cuyes. En:
http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/normas_generales_crianza_cuyes.pdf
(Consulta: 15 de mayo de 2018).
 12. FAO 2001. Manual técnico: Forraje verde hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina. Santiago, Chile.
 13. FAO 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). En:
<http://www.fao.org/docrep/W6562S/w6562s00.htm> (Consulta: 24 de abril de 2018).
 14. Freire, A.; Manosalvas, G. 2010. Plan de comercio exterior y negociación internacional para la explotación de carne de cuy a la población ecuatoriana radicada en Madrid-España. Tesis de ingeniería. Escuela Politécnica del

- Ejército. Facultad de Ingeniería de Comercio Exterior y Negociación Internacional, Quito, Ecuador.
15. García, C.H. 2011. Eficiencia alimenticia y mérito económico de dos forrajes hidropónicos: cebada (*Hordeum vulgare L.*) y maíz (*Zea mays L.*) suministrado en cuyes (*Cavia porcellus L.*) en fase de crecimiento y engorde. Rev. Inv. Amazonenses, 3 (1): 27-30.
 16. Gómez, N.C.; Pineda, M.E.; Durand, A.; Huaita, A.; Camacho, Y.; Arredondo, Y. 2010. Informe final de proyecto de investigación. Dirección de Investigación. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Abancay, Perú.
 17. Gómez, M.I. 2007. Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde en cuyes. Tesis de Ingeniero Zootecnista, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
 18. Guevara, J.; Rojas, S.; Carcelén, F.; Besada, S.; Arbaiza, T. 2016. Parámetros Productivos de cuyes criados con dietas suplementadas con aceite de pescado y semillas de Sacha Inchi. Rev. Vet. Perú, 27 (4): 715- 721.
 19. Heredia, A.C; Vargas, J.C. 2011. Alimentación con morera (*Morus spp.*), maralfalfa morado (*Pennisetum spp.*) y mezcla forrajera en cuyes (*Cavia porcellus*) de 15 días hasta los 3 meses de edad en el criadero del CEYPSA. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
 20. Hernández, H. 2011. Efecto del concentrado sólido de humus de lombricomposta (*Eisenia foetida*) en la producción de forraje verde hidropónico

- en cebada (*Hordeum vulgare*). Tesis de Ingeniero Agrícola y Ambiental. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
21. Hidalgo, L.R. 1985. Producción de forrajes en condiciones de hidroponía. En: Tello (Editor). Evaluación del Forraje verde hidropónico en la sostenibilidad de explotaciones pecuarias como alternativa de desarrollo rural de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
22. Hirakawa, H. 2001. Coprophagy in leporids and other mammalian herbivores. *Rev. Mammal*, (32) 2: 150-152.
23. INEI, 2012. IV Censo Nacional Agropecuario; En:
<http://censos.inei.gob.pe/cenagro/redatam/> (Consulta: 10 de noviembre de 2016).
24. Izquierdo, J. 2001. Forraje verde hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. En: www.rlc.org/prior/segalim/forraje.htm (Consulta: 24 de abril de 2018).
25. Jiménez, 2013. Producción de FVH de trigo y cebada en diferentes épocas de cosecha en la quinta experimental Punzara. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
26. Johnson-Delaney, C. 2006. Anatomy and physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system. (ed.). Elsevier. Madrid, España.
27. León, K.; Capelo, W.; Benito, M.; Usca, J. 2007. Efecto del fotoperiodo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz para la alimentación de conejos en el periodo de engorde. *Rev. Eco Ciencia*, 2 (1): 16-17.

28. López-Aguilar, R.B.; Murillo, A.; Rodríguez, G. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH); una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. Rev. Interciencia, 34 (2): 121-126.
29. Marulanda, C.; Izquierdo, J. 1993. La huerta hidropónica popular. Manual Técnico. FAO. Santiago, Chile.
30. Meza, J.; Roman, N.; Hovisco, M. 1994. Engorde de cuyes en la selva central. Investigaciones en Cuyes. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Resúmenes. En. Chauca L. (ed.). Lima, Perú.
31. Montes, T. 2012. Asistencia técnica dirigida en crianza tecnificada en cuyes. Guía técnica. Universidad Nacional Agraria La Molina. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social. Cajabamba-Cajamarca, Perú. 36 p.
32. Miranda, I. 2006. Fertilizantes foliares en cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*). Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
33. Miranda, C.I. 2014. Efecto del suministro de nutrientes en la producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y su utilización en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento - engorde. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
34. Najera, L.; Cruz, J.; Ortiz, H. 2010. Evaluación de cebada hidropónica (*Hordeum vulgare*), maíz hidropónico (*Zea mays*), alfalfa (*Medicago sativa*) y mezcla forrajera en la alimentación en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

35. National Research Council (NRC). 1995. Nutrient Requirements of Laboratory Animals. 4th ed. National Academy Press. Washington.
36. Navidi, W. 2006. Estadística para ingenieros y científicos. Ed. McGraw Hill/Interamericana. México, pp. 623-659.
37. Nestares, A. 2014. Técnicas de conservación de forrajes para la alimentación animal. Manual N° 3-14. Ministerio de Agricultura y Riego, Instituto Nacional de Innovación Agraria. E.E. Agraria Santa Ana. Huancayo, Perú.
38. NTP 201.058, 2006. Carne y productos cárnicos. Definiciones, clasificación y requisitos de las carcasas y carne de cuy (*Cavia porcellus*) primera edición. Norma Técnica Peruana. Lima, Perú.
39. Parihuana, E.A. 2010. Comparativo de rendimiento de forraje de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en dos tipos de solución nutritiva, en el distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
40. Pezo, D.; Holfmann, F.; Arze, J. 1996. Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas en el trópico húmedo de Costa Rica. Rev. Agronomía Costarricense, 23 (1): 105-117.
41. Quintana, E.; Jiménez, R.; Carcelén, F.; San Martín, F.; Ara M. 2013. Efecto de dietas de alfalfa verde, harina de cebada y bloque mineral sobre la eficiencia productiva en cuyes. Rev. Inv. Vet. Perú, 24 (4): 425-432.
42. Quiñones, E. 2011. Producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*), maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oryza sativa L.*), utilizando microorganismos eficaces en el agua de riego. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

43. Quispe, A.; Paquiyauri, Z.; Ramos, Y.V.; Contreras J.L.; Véliz, M.A. 2016. Influencia de niveles de azufre en la producción, composición química bromatológica y digestibilidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*). Rev. Inv. Vet. Perú, 27(1): 31-38.
44. Rico, E.; Rivas, C. 2003. Manual sobre el manejo de cuyes. Benson Agriculture and Food Institute Provo, UT, EE.UU.
45. Rodríguez, A.; Tarrillo, H. 2008. Producción de forraje verde hidropónico como alternativa de alimento para animales de las zonas afectadas por la ola de frío en el Sur del Perú. Rev. Agro Enfoque, 133: 53 - 56.
46. Romero, M.E.; Córdoba, G.; Hernández, E.O. 2009. Producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. Rev. Acta Universitaria, 19 (2): 11-19.
47. Ruiz, Y.M. 1995. Evaluación del germinado de cebada (*Hordeum vulgare*) suplementado con mezclas balanceadas simples en engorde de cuyes. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
48. Sánchez, A. 2001. Manual técnico de forraje verde hidropónico FVH. En: http://www.sira-manuales/art_forraje.doc (Consulta: 24 de abril de 2018).
49. Sánchez, A. 2000. Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay. En Boletín Informativo No. 7 En: <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin7.htm> (Consulta: 24 de abril de 2018).
50. Samperio, G. 1997. Hidroponía básica. 1ª edición. Editorial Diana. México. En: <https://es.scribd.com/document/70690887/Hidroponia-Gloria-Samperio> (Consulta: 15 de mayo de 2018).

51. Sakaguchi, E. 2003. Digestive strategies of small hindgut fermenters. Rev. Animal Science Journal, 74:327-337.
52. Sepúlveda, R. 1994. Notas sobre producción de forraje hidropónico. En: FAO (Editor). Manual técnico: Forraje verde hidropónico. Santiago, Chile.
53. Snipes, R. 1982. Anatomy of the guinea pig cecum. Rev. Anat Embryol, 165: 97-111.
54. Tarrillo H. 1999. Utilización del forraje verde hidropónico de cebada, alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en lactación. Tesis de Ingeniero Zootecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
55. Tomasino ® 2017. Alimento balanceado para la alimentación de cuyes en todas las etapas. Etiqueta Carne Tomasino®.
56. Toribio, E. 2011. Digestibilidad aparente, energía digestible, metabolizable de la harina de pescado, torta de soya y pasta de algodón en cuyes (*Cavia porcellus*) en el trópico. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
57. Tubón, M. 2013. Utilización de forraje hidropónico más balanceado comercial como alimento en la crianza de cuyes a partir de la tercera hasta la décima tercera semana de edad. Tesis de Medicina Veterinaria Zootecnia. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
58. Valdez, A. 2013. Digestibilidad in vivo de forraje verde hidropónico proveniente de avena en las condiciones de la Comarca Lagunera. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, México.

59. Vargas, C.F. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Rev. Agronomy Mesoamerican*, 19(2): 233-240.
60. Van Soest, P. 1983. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2da edición. Ed. Illustrated. Cornell University. New York, EE.UU.
61. Vergara, V. 2008. Avances en nutrición y alimentación de cuyes. XXXI Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal, Simposio Avances sobre producción de cuyes en el Perú.

ANEXOS

Tabla 12. Control de peso vivo (g) de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Variedad INIA 411 San Cristóbal							
N° Arete	Semanas						
	0	1	2	3	4	5	6
1	186	221	301	351	428	512	592
2	301	258	466	554	663	747	878
3	287	291	363	447	532	618	707
4	267	308	436	533	630	653	788
5	363	408	470	557	683	758	856
6	250	297	371	415	490	548	620
7	245	276	370	429	475	578	679
8	237	297	413	476	545	653	736
9	234	224	290	510	612	748	874
10	304	324	413	315	348	506	536
11	382	382	528	635	777	847	995
12	345	423	530	612	750	869	985
13	305	354	463	565	639	717	825
14	360	365	478	618	746	866	978
15	200	234	335	416	493	587	678
Promedio	284.4	310.8	415.13	495.53	587.4	680.47	781.8

Tabla 13. Control de peso vivo (g) de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Variedad Grigñon							
N° Arete	Semana						
	0	1	2	3	4	5	6
16	332	397	489	572	683	779	876
17	320	376	482	591	653	754	842
18	415	495	628	706	860	991	1090
19	229	255	331	377	446	779	890
20	401	412	497	583	702	788	881
21	269	274	305	371	449	495	586
22	199	261	337	419	508	611	693
23	279	271	296	378	481	565	600
24	306	375	448	510	595	632	824
25	363	412	500	578	708	840	940
26	355	406	401	450	523	567	570
27	222	350	424	498	590	698	749
28	373	401	512	608	730	855	964
29	244	291	395	485	585	683	701
30	406	390	488	571	643	753	779
Promedio	314.2	357.73	435.53	513.13	610.4	719.33	799

Tabla 14. Control de peso vivo (g) de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Variedad Moronera INIA							
N° Arete	Semana						
	0	1	2	3	4	5	6
31	296	348	397	444	543	633	763
32	313	367	451	510	594	693	802
33	223	223	242	279	332	438	530
34	200	263	344	425	505	615	674
35	182	230	305	372	443	516	603
36	240	351	360	450	478	564	658
37	217	197	228	280	363	427	520
38	289	314	433	502	577	679	749
39	316	354	418	488	578	683	760
40	298	272	320	414	487	570	644
41	274	308	396	474	549	650	714
42	272	311	426	527	629	734	820
43	310	341	432	500	571	681	795
44	272	274	366	396	519	602	718
45	257	297	365	434	511	601	650
Promedio	263.93	296.67	365.53	433	511.93	605.73	693.33

Tabla 15. Peso vivo (g) promedio con valores mínimos y máximos de cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Día de Pesado	Tratamientos											
	T1				T2				T3			
	Prom.	Mín.	Máx.	DE	Prom.	Mín.	Máx.	DE	Prom.	Mín.	Máx.	DE
1	284	186	382	60	314	199	415	71	264	182	316	43
7	311	221	423	65	358	255	495	71	297	197	367	52
14	415	290	530	76	436	296	628	92	366	228	451	68
21	496	315	635	98	513	371	706	100	434	279	527	77
28	587	348	777	127	610	446	860	117	511	332	629	83
35	680	506	869	124	719	495	991	131	602	427	734	92
42	782	536	995	147	799	570	1090	150	693	520	820	94

PV= Peso vivo; Mín.=Mínimo; Máx.=Máximo; DE= Desviación estándar; T1= INIA 411 San Cristóbal; T2= Grignon; T3 = Moronera INIA

Tabla 16. Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Variedad INIA 411 San Cristóbal

GPV1	GPV2	GPV3	GPV4	GPV5	GPV6	GPVT
35	80	50	77	84	80	406
-43	208	88	109	84	131	577
4	72	84	85	86	89	420
41	128	97	97	23	135	521
45	62	87	126	75	98	493
47	74	44	75	58	72	370
31	94	59	46	103	101	434
60	116	63	69	108	83	499
-10	66	220	102	136	126	640
20	89	-98	33	158	30	232
0	146	107	142	70	148	613
78	107	82	138	119	116	640
49	109	102	74	78	108	520
5	113	140	128	120	112	618
34	101	81	77	94	91	478
26.4	104.33	80.4	91.87	93.07	101.33	497.4

GPV=Ganancia de peso vivo; GPVT=Ganancia de peso vivo total

Tabla 17. Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Variedad Grigñon

GPV1	GPV2	GPV3	GPV4	GPV5	GPV6	GPVT
65	92	83	111	96	97	544
56	106	109	62	101	88	522
80	133	78	154	131	99	675
26	76	46	69	333	111	661
11	85	86	119	86	93	480
5	31	66	78	46	91	317
62	76	82	89	103	82	494
-8	25	82	103	84	35	321
69	73	62	85	37	192	518
49	88	78	130	132	100	577
51	-5	49	73	44	3	215
128	74	74	92	108	51	527
28	111	96	122	125	109	591
47	104	90	100	98	18	457
-16	98	83	72	110	26	373
43.53	77.8	77.6	97.27	108.93	79.67	484.8

Tabla 18. Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Variedad Moronera INIA

GPV1	GPV2	GPV3	GPV4	GPV5	GPV6	GPVT
52	49	47	99	90	130	467
54	84	59	84	99	109	489
0	19	37	53	106	92	307
63	81	81	80	110	59	474
48	75	67	71	73	87	421
111	9	90	28	86	94	418
-20	31	52	83	64	93	303
25	119	69	75	102	70	460
38	64	70	90	105	77	444
-26	48	94	73	83	74	346
34	88	78	75	101	64	440
39	115	101	102	105	86	548
31	91	68	71	110	114	485
2	92	30	123	83	116	446
45	65	85	46	40	112	393
33.07	68.67	68.53	76.87	90.47	91.8	429.4

GPV=Ganancia de peso vivo; GPVT=Ganancia de peso vivo total

GPV=Ganancia de peso vivo; GPVT=Ganancia de peso vivo total

Tabla 19. Ganancia de peso vivo (g) promedio con valores máximos y mínimos de cuyes por semanas alimentados con forraje verde hidropónico de cebada

Sem.	Tratamientos											
	T1				T2				T3			
	Prom.	Mín.	Máx.	DE	Prom.	Mín.	Máx.	DE	Prom.	Mín.	Máx.	DE
1	26.4	-43	78	30.8	43.53	-16	128	37.28	33.07	-26	111	34.46
2	104.33	62	208	37.28	77.8	-5	133	36.13	68.67	9	119	32.53
3	80.4	-98	220	65.16	77.6	46	109	16.59	68.53	30	101	20.69
4	91.87	33	142	32.43	97.27	62	154	26.04	76.87	28	123	23.18
5	93.07	23	158	32.97	108.93	37	333	68.85	90.47	40	110	19.69
6	101.33	30	148	29.5	79.67	3	192	47.29	91.8	59	130	20.98
GPVT	497.4	232	640	113.83	484.8	215	675	129.82	429.4	303	548	68.19

GPV= Ganancia de peso vivo; Mín.=Mínimo; Máx.=Máximo; DE= Desviación estándar; T1= INIA 411 San Cristóbal; T2= Grigñon; T3 = Moronera INIA

Tabla 20. Cantidad de alimento ofrecido (g) por semana (forraje verde hidropónico de tres variedades de cebada y concentrado)

Semanas	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	FVH	Concentrado	FVH	Concentrado	FVH	Concentrado
1	1737	192	1913	212	1262	178
2	1897	209	2175	241	1420	200
3	2540	280	2650	294	1750	247
4	3029	334	3127	346	2071	291
5	4307	475	4460	493	2936	414
6	4993	550	5259	582	3477	490

T1= INIA 411 San Cristóbal; T2= Grigñon; T3 = Moronera INIA

Tabla 21. Peso vivo final (g) y peso carcasa (g) de 21 cuyes de acuerdo a tres tipos de dietas

Nº. Arete	Peso vivo final	Peso carcasa	Tratamiento
1	592	398	San Cristobal
2	878	591	San Cristobal
4	788	530	San Cristobal
5	856	576	San Cristobal
6	620	417	San Cristobal
11	995	670	San Cristobal
12	985	661	San Cristobal
16	876	598	Grigñon
17	842	575	Grigñon
19	890	608	Grigñon
22	693	473	Grigñon
23	600	410	Grigñon
24	824	563	Grigñon
29	701	479	Grigñon
31	763	507	Moronera
32	802	533	Moronera
38	749	497	Moronera
39	760	505	Moronera
40	644	428	Moronera
41	714	474	Moronera
42	820	545	Moronera



Figura 3. Peso, selección y limpieza de semillas



Figura 4. Lavado y desinfección de semillas de cebada con hipoclorito de sodio al 1%



Figura 5. Remojo (24 horas) y oreo de semillas



Figura 6. Germinación de semillas durante 48 horas



Figura 7. Enraizado de semillas de cebada



Figura 8. Variedades de cebada depositadas en el área de germinación durante 6 días



Figura 9. Variedades de cebada depositadas en el área de producción durante 4 días



Figura 10. Módulo de producción y germinación de forraje verde hidropónico



Figura 11. Oreo de forraje verde hidropónico (tres variedades de cebada)



Figura 12. Altitud (cm) y peso (g) de FVH (3 variedades de cebada)



Figura 13. Alimentación de cuyes con forraje verde hidropónico y concentrado comercial



Figura 14. Peso de carcasa (cabeza, corazón, pulmón, hígado y riñón)